

**UNIWERSYTET SZCZECIŃSKI**  
**INSTYTUT ZARZĄDZANIA**

ROZPRAWA DOKTORSKA

**mgr inż. Szymon Rymaszewski**

Zarządzanie procesami złożonymi przetwarzającymi  
spersonalizowane projekty w warunkach niepewności

Promotor rozprawy

dr hab. inż. Jarosław Wątróbski, prof. US

Promotor pomocniczy

dr hab. Bożena Śmiałkowska

Szczecin 2023

## OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że przedkładaną rozprawę doktorską napisałem samodzielnie. Oznacza to, że przy pisaniu rozprawy pt. „Zarządzanie procesami złożonymi przetwarzającymi spersonalizowane projekty w warunkach niepewności” poza niezbędnymi konsultacjami, nie korzystałem z pomocy innych osób, a w szczególności nie zlecałem opracowania rozprawy lub jej części innym osobom, ani nie odpisywałem rozprawy lub jej części od innych osób. Jednocześnie przyjmuję do wiadomości, że gdyby powyższe oświadczenie okazało się nieprawdziwe, uchwała o nadaniu mi stopnia doktora zostanie cofnięta.

....., dnia .....

*miejsowość*

.....

*podpis*

# Zawartość

Wstęp .....	3
Opis obiektu badań.....	3
Problem badawczy .....	6
Luka metodyczna .....	8
Cel pracy .....	13
Opis zawartości pracy.....	13
1 Charakterystyka procesów złożonych przetwarzających spersonalizowane projekty w warunkach niepewności .....	15
1.1 Pojęcie procesów złożonych na tle klasyfikacji procesów produkcji .....	15
1.2 Zarządzanie systemami produkcji .....	20
1.3 Cechy procesów złożonych .....	25
1.4 Wspomaganie informatyczne procesów produkcji.....	33
1.5 Uogólnienie doświadczeń metodycznych w zakresie modelowania procesów złożonych...	38
1.6 Formalizacja obiektu badań .....	43
2 Metody optymalizacji wielokryterialnej procesów złożonych .....	50
2.1 Kryterium oceny złożonego procesu.....	51
2.2 Metody optymalizacji wielokryterialnej.....	56
2.3 Optymalizacja przy użyciu symulacji komputerowej .....	60
2.4 Algorytm mrówkowy.....	67
2.5 Popularne metody równoważenia linii produkcyjnej .....	73
3 Metoda zarządzania procesami złożonymi przetwarzającymi spersonalizowane projekty w warunkach niepewności .....	74
3.1 Ogólny opis metody zarządzania złożonymi procesami przetwarzającymi spersonalizowane projekty w warunkach niepewności.....	75
3.2 Krok 1: Modelowanie symulacyjne procesu złożonego .....	79
3.3 Krok 2: Zasady definiowania kryteriów optymalizacji.....	83
3.4 Krok 3: Algorytm wyznaczania rozwiązań optymalnych .....	85
4 Weryfikacja praktyczna modelu autorskiego .....	92
4.1 Założenia do modelu produkcji jednostkowej .....	93
4.1.1 Parametry wejściowe .....	95
4.1.2 Parametry wyjściowe .....	96
4.1.3 Cel 1: Średni czas przejścia .....	96
4.1.4 Cel 2: Efektywność produkcji .....	97

4.2	Wyniki uzyskane dla działania metody z współczynnikiem $q_0=0.05$ .....	99
4.3	Wyniki uzyskane dla działania metody z współczynnikiem $q_0=0.25$ .....	102
4.4	Wyniki uzyskane dla rozwiązań proponowanych przez eksperta .....	105
4.5	Porównanie wyników .....	106
	Zakończenie.....	111
	Spis rysunków.....	115
	Spis tabel .....	116
	Bibliografia .....	117
	Załącznik 1.....	129
	Załącznik 2.....	148
	Załącznik 3 .....	167

# Wstęp

## Opis obiektu badań

**Zarządzanie procesami** stanowi ważny element skutecznego zarządzania organizacją. Według A. Dolgui i in. procesy i zarządzanie nimi stanowią fundamenty, na których opiera się cała struktura przedsiębiorstwa, determinując jego efektywność i zdolność do osiągnięcia celów (Dolgui A. i in., 2019). Jak wskazują A. M. Oberländer i in. właściwe zarządzanie procesami pozwala organizacjom osiągnąć wyższy poziom wydajności, kontroli i elastyczności, będąc skuteczną drogą do obniżenia kosztów i zwiększenia konkurencyjności firmy na rynku (Oberländer A. M. i in., 2018). Wiele lat badań wykształciło szereg podejść metodycznych wykorzystywanych w zarządzaniu procesami. Obejmują one między innymi podejścia formalne (na przykład identyfikację procesów oraz ich optymalizację, automatyzację, monitorowanie i kontrolę, zarządzanie ryzykiem, ciągłe doskonalenie) (Irani Z. i in., 2018) oraz podejścia „miękkie” (obejmujące przykładowo kulturę organizacyjną, wspieranie odpowiedzialności, zarządzanie zmianą czy wsparcie zespołu) (Sung Tae K., 2018). Jako istotny element efektywnego zarządzania procesami literatura przedmiotu wskazuje również bardzo istotne w ostatnich latach wsparcie technologiczne i informatyczne (Kuhn M. i Franke J., 2021). Należy wskazać, że cechą wspólną podejść formalnych jest fakt, że zorientowane są na projektowaniu i optymalizacji procesów (zarówno wewnątrz jak i na zewnątrz organizacji) w celu zwiększenia ich wydajności i efektywności (Kuhn M. i Franke J., 2021).

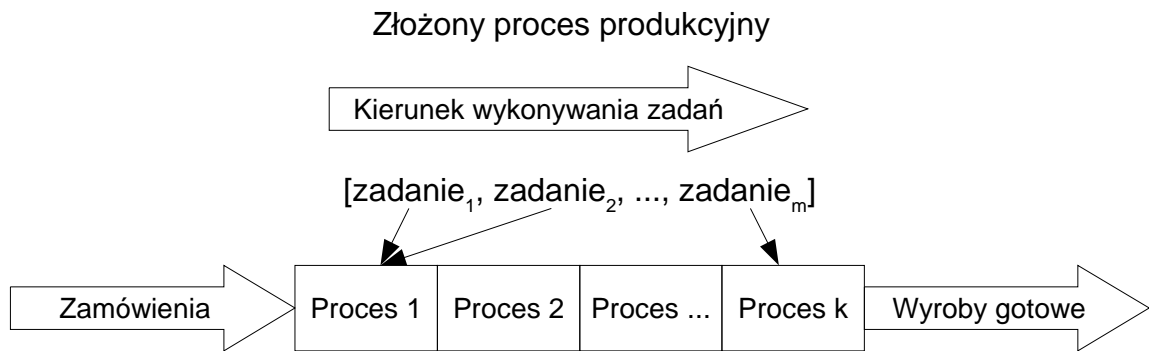
Literatura przedmiotu definiuje metody zarządzania procesami jako zbiór podejść formalnych, narzędzi, technik i strategii, które organizacje wykorzystują, aby zoptymalizować swoje operacje (Faccio M. i in., 2019). Metody te są niezbędne, aby identyfikować, projektować, monitorować jak też, w odpowiedzi na zmienne warunki rynkowe oraz potrzeby klientów, doskonalić oraz dostosowywać procesy (Rossi T. i in. 2017). W obecnych czasach, w erze cyfrowej transformacji, efektywne zarządzanie procesami jest jeszcze bardziej istotne, ponieważ technologie informatyczne otwierają nowe możliwości automatyzacji i analizy danych (Caiado R. G. G. i in., 2021). Jednak, ze względu na rosnącą liczbę interakcji między systemami technicznymi, a także wzrastającą liczbę dostępnych danych, jednocześnie procesy stają się bardziej złożone (Babenko V., 2019). W następstwie tego, zarządzanie procesami, metody zarządzania nimi oraz zarządzanie procesami złożonymi są nieodłącznymi elementami skutecznego funkcjonowania nowoczesnych organizacji (Silva M. i in., 2020). Wymagają one stałego doskonalenia i dostosowywania do zmieniających się warunków, ale

oferują również ogromny potencjał do zwiększenia konkurencyjności i osiągnięcia strategicznych celów biznesowych przedsiębiorstwa (Lu Y. i in., 2020).

W literaturze przedmiotu **pojęcie procesu** zdefiniowano jako zestaw powiązanych wzajemnie działań, których celem jest przekształcenie danych wejściowych w dane wyjściowe (Zheng P. i in., 2018). Często wyjścia jednych procesów mogą być wejściami dla innych procesów. W dysertacji skoncentrowano się na pojęciu procesu produkcji. Procesy produkcji to zestaw czynności, które przekształcają surowce lub półprodukty w produkty gotowe do sprzedaży (Lohmann M. i in. 2019). W procesach produkcyjnych mogą występować różne etapy, takie jak przykładowo: planowanie, dostawa surowców, procesy montażu, kontrola jakości, pakowanie czy dystrybucja. Procesy produkcyjne mogą być wspomagane i realizowane za pomocą różnych technologii i metod, w zależności od rodzaju produktu i wymagań rynku (Dolgui A. i in., 2019).

Literatura przedmiotu jednoznacznie wskazuje, że efektywne funkcjonowanie przedsiębiorstw produkcyjnych warunkuje między innymi poprawna identyfikacja i optymalizacja procesów oraz ich wzajemnych powiązań (Boysen N. i in. 2008). Mowa tu zarówno o procesach produkcyjnych, jak i procesach gospodarczych występujących również w podsystemie zarządzania przedsiębiorstwa. Identyfikacja, modelowanie i optymalizacja procesów produkcyjnych oraz gospodarczych udowodniły swą skuteczność w zarządzaniu przedsiębiorstwem (Lu Y. i in., 2020) i doprowadziły do wykształcenia formy zarządzania zwanej podejściem procesowym (Dadashnejad A. A. i Valmohammadi C., 2019). W podejściu tym postrzega się organizację jako szereg połączonych ze sobą procesów, z których dane wyjściowe np. materiały, stanowią dane wejściowe dla innych procesów (Wawak S., 2006). Taka perspektywa, pozwala postrzegać organizację jako zbiór procesów, a samą działalność przedsiębiorstwa jako proces złożony (Irani Z. i in., 2018).

Zgodnie z literaturą przedmiotu, produkcja jest **procesem złożonym** (Caiado R. G. G. i in., 2021) (Kuhn M. i Franke J., 2021). Zwykle proces złożony składa się z wielu procesów prostych (Dolgui A. i in., 2019). Ogólny schemat złożonego procesu produkcyjnego przedstawiono na rysunku 1. Schemat ten obrazuje sam proces produkcji, dla którego głównym wejściem jest zamówienie od klienta, a wyjściem wyrób gotowy. Każdy taki proces składa się z procesów prostych, które w pracy określono jako zadania i za M. Faccio i in. oraz M. Silva i in. przyjęto, że jest to element procesu, którego przebiegu nie badano (Faccio M. i in., 2019) (Silva M. i in., 2020). Zgodnie z przedstawionym schematem, zadania łączą się w procesy, które są zbiorami procesów prostych (Kuhn M. i Franke J., 2021). Ich odwzorowaniem w rzeczywistości może być np. jedno stanowisko montażowe.



Rysunek 1 Ogólny schemat złożonego procesu (źródło: opracowanie własne)

Według C. A. González-Cruza złożone systemy składają się z wielu współdziałających elementów (González-Cruza C. A., 2015), a więc, złożony proces składa się z procesów prostych i sprzężeń między nimi, czyli wyjść procesów prostych, które z kolei są wejściami innych procesów prostych, następujących po nich (Parola A. i Bosco F. M., 2022). Jednakże A. Khurana wskazuje, że pojęcie złożoności może być podzielone na kilka kategorii, takich jak: złożoność wynikająca z logistycznego punktu widzenia, czyli dużej liczby zadań oraz rozprzestrzeniania produktów, a także złożoność technologiczna, która jest związana z wewnętrzną złożonością systemu (Khurana A., 1999).

Przedstawiona taksonomia jest zgodna z kryteriami podziału procesów dostępnymi w literaturze przedmiotu (Kumari A. i in., 2019). Dodatkowo, badacze często wykorzystują kategoryzację procesów ze względu na stopień złożoności wyodrębniając 2 podstawowe typy: procesy proste i procesy złożone (Rehfuess E. A. i in., 2018). Szerzej, według literatury przedmiotu złożone procesy produkcyjne to typ procesów produkcyjnych w których występuje wiele złożonych etapów i zadań (Tiamaz Y. i Souissi N, 2018), a ich realizacja wymaga precyzji oraz specjalistycznej wiedzy i doświadczenia personelu (Kuhn M. i Franke J., 2021). Niezbędne jest tutaj również wykorzystanie zarówno zaawansowanych technologii, jak i odpowiednich metod zarządzania produkcją (Dolgui A. i in. 2019).

Kolejnym istotnym z punktu widzenia dysertacji zagadnieniem jest **pojęcie spersonalizowanego projektu**. Pojęcie projektu najczęściej definiowane jest w literaturze zgodnie z amerykańskim Project Management Institute i brzmi następująco: „działanie podejmowane w celu stworzenia niepowtarzalnego produktu lub usługi” (Duncan W. R., 1996). Literatura przedmiotu jednoznacznie wskazuje, że znaczna część procesów złożonych, szczególnie w usługach i produkcji, przechodzi z przetwarzania dużej ilości niespersonalizowanych produktów do przetwarzania projektów spersonalizowanych, będących odpowiedzią na potrzeby rynku (Zheng P. i in., 2018) (Lu Y. i in., 2020).

Najlepszym przykładem są linie montażowe samochodów, które przeszły ogromną rewolucję w XX wieku. Aktualnie kupując samochód, klient może spersonalizować zamówienie, wybierając spośród listy dostępnych opcji wyposażenia oraz jego kolor włącznie z tapicerką. Za F. Tao i in. warto zaznaczyć, że sektor produkcji na zamówienie, ze spersonalizowanymi zamówieniami gotowymi, rozszerza się na wszystkie branże (Tao F. i in. 2002). Począwszy od motoryzacji, poprzez dobra użytku codziennego, tekstylia, aż po przemysł poligraficzny. Nie tylko procesy produkcyjne przetwarzają spersonalizowane projekty. Może to dotyczyć również sektora usług (Caiado R. G. G. i in., 2021).

Personalizacja zamówień niesie ze sobą kolejną istotną kwestię, która jest ważną cechą obiektu badań, czyli **niepewność danych**. Niepewność można zdefiniować jako brak precyzyjnej lub jakiegokolwiek wiedzy na jakiś temat (Hastings D. i McManus H., 2004). Jest to zagadnienie istotne, gdyż w przypadku procesów złożonych, występuje szereg obszarów niepewności – przykładowo: czas wykonywania poszczególnych zadań, nie jest dokładnie określony. Wpływa to na brak możliwości precyzyjnego zaplanowania realizacji kolejnych procesów, bowiem nieznanym jest dokładny czas przetworzenia w procesach poprzedzających.

Powyższe aspekty przybliżają podstawowe cechy **obektu badań**, jakim jest **złożony proces przetwarzający spersonalizowane projekty z niepewnością**.

## **Problem badawczy**

Literatura przedmiotu ukazuje szereg problemów badawczych, które występują podczas zarządzania systemem produkcyjnym (André S. i in. 2017). Jako przykładowe można wskazać: wybór materiałów do produkcji w elastycznym systemie produkcyjnym, wybór właściwego wariantu technologicznego, dobór rodzaju i liczby wyposażenia technologicznego, wyznaczanie stopnia wykorzystania urządzeń technologicznych, ocenę opłacalności realizacji zamówień produkcyjnych, sterowanie zapasami, sterowanie rozdziałem zasobów czy **problem równoważenia** (balansowania) **zadań** (Tiamaz J. i Souissi N., 2018).

Ostatni z nich (problem równoważenia zadań) od lat zajmuje istotne miejsce w literaturze przedmiotu (Silva M. i in., 2020). Wielu badaczy wskazuje problem równoważenia działania procesów produkcyjnych jako mający kluczowe znaczenie dla przedsiębiorców (Babenko V., 2019) (Irani Z. i in., 2018) (Wu S. i in., 2019). Problem ten występuje zarówno w produkcji masowej jak i w niskonakładowej produkcji spersonalizowanych produktów (González-Cruza C. A. i in., 2015) (Rossi T. i in. 2017). Dotychczas opracowano szereg dedykowanych metod i modeli osadzonych w tej problematyce (Tao F. i in. 2002) (Dadashnejad A. A.



i Valmohammadi, C., 2019) (Lu Y. i in., 2020). Jak wskazują M. Kuhn i J. Franke oraz S. Wu i in. niezależnie od tego, istnieje wyraźna luka pomiędzy badaniami naukowymi i ich wykorzystaniem praktycznym w obszarze zarządzania produkcją (Kuhn M. i Franke J., 2021) (Wu S. i in., 2019). W podobnym tonie, do zadania optymalizacji i balansowania zadań w procesach złożonych, odnosi się K. Sung Tae, wskazując, że planowanie konfiguracji systemów montażowych z nierównym tempem, potrzebuje zrównoważenia, odpowiednich buforów i szacowania przepustowości (Sung Tae K., 2018). Dodatkowo, w pracach M. Faccio i in., C. A. González-Cruza i in. oraz M. Silva i in. wskazuje się, że większość relewantnej literatury koncentruje się nad pojedynczymi aspektami procesów złożonych - mianowicie wielkością buforów i szacowaniem przepustowości - pozostawiając zbyt mało miejsca ważnemu aspektowi równoważenia zadań (Faccio M. i in., 2019) (González-Cruz C. A. i in., 2015) (Silva M. i in., 2020). Warto zaznaczyć również, że według S. André i in. integracja wskazanych trzech aspektów procesów złożonych to wyzwanie badawcze o dużym potencjale praktycznym (André S. i in. 2017). Prace A. Dolgui i in., M. Faccio i in. oraz S. Wu i in. potwierdzają również, że balansowanie zadań to wciąż problem wymagający pogłębionych badań (Dolgui A. i in., 2019) (Faccio M. i in., 2019) (Wu S. i in., 2019).

W literaturze przedmiotu niezwykle popularne jest mające praktyczne zastosowanie w przemyśle zadanie równoważenia linii produkcyjnych (Tao F. i in. 2002) (Dadashnejad A. A. i in 2019) (Lu Y. i in., 2020). Zdecydowana większość prac skupia się na liniach produkcyjnych w trzech podstawowych typach:

- Linia z pojedynczym typem produktu – jeden jednorodny produkt jest wytwarzany w linii (Dolgui A. i in., 2010).
- Linie z mieszanymi typami produktu – kilka modeli podstawowego produktu, jest wytwarzanych równocześnie, główny proces wytwarzania dla każdego produktu jest mocno podobny, występują tylko nieznaczne różnice atrybutów lub opcji w produkcji (Emde S., 2010).
- Linia wieloproduktowa – kilka produktów jest wytwarzanych w oddzielnych partiach, w tym wypadku linia może być ponownie równoważona do każdej partii (Boysen N., 2008).

Powyższe rozważania pozwalają przyjąć, że **problem równoważenia zadań to zagadnienie aktualne i ważne**. W pracy, równoważenie zadań rozumiane jest jako problem optymalnego podziału, równoważenia pracy montażowej na wszystkich stanowiskach z uwzględnieniem celów. Z tego powodu nakład pracy niezbędnej do montażu jest podzielony w zbiór  $V=\{1, \dots, n\}$  pojedynczych operacji nazywanych zadaniami. Zadania, są to

niepodzielne jednostki pracy. Tym samym z każdym zadaniem  $j$  łączy się czas przetwarzania  $t_j$ , określany jako czas zadania. Ze względu na wymagania technologiczne lub organizacyjne, zadania nie mogą być przetworzone w dowolnej sekwencji, ale podlegają ograniczeniom pierwszeństwa (Boysen N., 2008).

Równoważenie linii można porównać do modelowania idealnego przepływu zadań przez proces produkcyjny (Faccio M. i in., 2019). Jednak najczęściej równoważy się linię dla powtarzalnych zadań (Wu S. i in., 2019). Praca idzie o krok dalej i zajmuje się procesami przetwarzającymi spersonalizowane projekty, czego przykładem są systemy produkcji jednostkowej, gdzie każdy kolejno wytwarzany produkt ma inną specyfikację określoną przez klienta i zajmuje inny czas na poszczególnych stacjach montażowych.

## **Luka metodyczna**

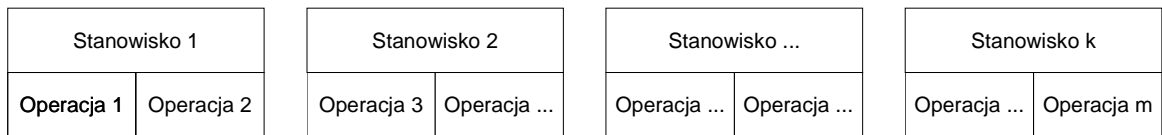
W kolejnym etapie dokonano próby przybliżenia warstwy metodycznej podjętego problemu badawczego. Na bazie analizy literatury przedmiotu, w tabeli 1. zawarto syntezę podejść metodycznych używanych w modelowaniu procesów produkcyjnych. Kryteria szczegółowe stanowią tutaj stopień złożoności tych procesów oraz liczba kryteriów. Obszarem zainteresowań badawczych jest obszar oznaczony przez (\*). W tabeli kolejne skróty oznaczają:

- S – metody standardowe,
- WLMM – wielokryterialne model matematyczny liniowy z wagami,
- WLMMN – wielokryterialny model matematyczny liniowy z wagami i niepewnością (np. rozmyte wagi kryteriów, rozmyte ograniczenia),
- ML – modelowanie losowego charakteru danych (NP. z wykorzystaniem rozkładów i generatorów losowych),
- CPM – metoda ścieżki krytycznej.

Tabela 1 Najpopularniejsze podejścia do problemu (źródło: opracowanie własne)

<i>Procesy</i>	<i>Problem decyzyjny</i>		
<b>Złożone procesy powtarzalne</b>	Problem jednokryterialny z danymi pewnymi (S, CPM)	Problem z liniową wielokryterialną funkcją celu i ograniczeniami z danymi pewnymi (WLMM+Pareto)	Problem z nieliniową wielokryterialną mieszaną **) funkcją celu, z ograniczeniami i danymi pewnymi (S)
	Problem jednokryterialny z danymi niepewnymi (PERT)	Problem z liniową wielokryterialną funkcją celu i ograniczeniami z danymi niepewnymi (WLMMN)	Problem z nieliniową wielokryterialną mieszaną **) funkcją celu, z ograniczeniami i danymi niepewnymi (S+ML)
<b>Złożone procesy z zadaniami jednostkowymi (Niepowtarzalne)</b>	Problem jednokryterialny z danymi pewnymi (S, CPM)	Problem z liniową wielokryterialną funkcją celu i ograniczeniami z danymi pewnymi (S+Pareto, WLMM+Pareto)	Problem z nieliniową wielokryterialną mieszaną **) funkcją celu, z ograniczeniami i danymi pewnymi (S)
	Problem jednokryterialny z danymi niepewnymi (PERT)	Problem z liniową wielokryterialną funkcją celu i ograniczeniami z danymi niepewnymi (S, WLMMN+Pareto)	Problem z nieliniową wielokryterialną mieszaną **) funkcją celu, z ograniczeniami i danymi niepewnymi (*)

Jak ukazano powyżej, istnieje potrzeba pogłębionych badań i budowy metody, która przy złożonych procesach produkcji jednostkowej pozwala na przypisanie do stanowisk (procesów prostych) operacji (zadań), które mają być wykonane w tych procesach. Idea ta przedstawiona jest na rysunku 2. Samo zadanie równoważenia jest niezwykle istotne, jednak aby wykonać je skutecznie ważne jest określenie odpowiednich miar wydajności, które pozwolą optymalizować model (Irani Z. i in., 2018) (Tiamaz Y. i Souissi N., 2018). Zakłada się, że uzyskane wyniki będą mogły być wykorzystane w praktyce, a zatem miary wydajności powinny być określane przez decydentów procesu, a więc osoby, które podejmują decyzje w zakresie sposobu przebiegu samego procesu oraz jego zakładanych efektów (miar wydajności). W związku ze złożonością obiektu badań, miary wydajności mogą być postrzegane jako odrębne kryteria stanowiące przedmiot optymalizacji (w tym przypadku optymalizacji wielokryterialnej) (Babenko V., 2019) (González-Cruza C. A., 2015). Za O. Battaia i A. Dolgui zakłada się zatem, że wybrane miary wydajności, są określone jako funkcje celu, które to pozwalają ocenić jakość możliwych rozwiązań i są używane do wyboru najlepszego z nich (Battaia O. i Dolgui A., 2012).



Rysunek 2 Przykład podziału operacji na stanowiska produkcyjne (źródło: opracowanie własne)

Z perspektywy metodycznej problemem jest więc:

- poprawne zamodelowanie obiektu badań jakim jest złożony proces przetwarzający spersonalizowane projekty z niepewnością,
- opracowanie metody, która wykorzystując optymalizację wielokryterialną, umożliwi równowagę pracy na poszczególnych stanowiskach oraz pozwoli osiągnąć zakładane przez decydentów miary wydajności takiego procesu.

Nacisk kładziony jest tu na odpowiedni podział zadań na stanowiskach, a więc na właściwą równowagę tak, aby odpowiednie miary wydajności np. przepustowość, uzyskały oczekiwaną wartość. Należy dodatkowo zauważyć, że spersonalizowanie projektów, a w jego następstwie zadań, powodują nierówne tempo pracy takiego procesu, co z kolei powoduje wzrost obszaru niepewności danych. Zagadnienie to można uznać za złożone. Potwierdzają to publikacje w literaturze, które przedstawiają problem równoważenia linii produkcyjnej jako należący do grupy intensywnie badanych kwestii kombinatorycznych, a określanych jako NP - trudne (Battaia O. i Dolgui A., 2012).

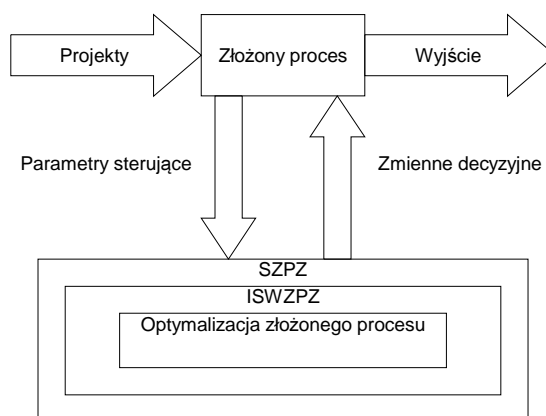
## Cel pracy

W przypadku niniejszej dysertacji dla obiektu badań, jakim jest złożony proces przetwarzający spersonalizowane projekty z niepewnością **przyjęto cel pracy** jakim jest **wypracowanie rozwiązań modelowych wspomagających zarządzanie tym procesem**. W szczególności chodzi tutaj o **opracowanie dedykowanego modelu** procesów złożonych przetwarzających spersonalizowane projekty w warunkach niepewności oraz **opracowanie** odpowiedniej **metody** zarządzania złożonymi procesami przetwarzającymi spersonalizowane projekty w warunkach niepewności.

Zgodnie z literaturą przedmiotu, model jest uproszczonym odwzorowaniem obiektu rzeczywistego, w tym przypadku systemu produkcyjnego (Krupa K., 2008). Sam proces budowy modelu nazywany jest modelowaniem i jest definiowany jako tworzenie modeli dla układów rzeczywistych z oczekiwaną dokładnością i z określeniem dozwolonych kosztów (Tarnowski W., 2004). Dodatkowo, C. A. González-Cruz wskazuje, że modelowanie

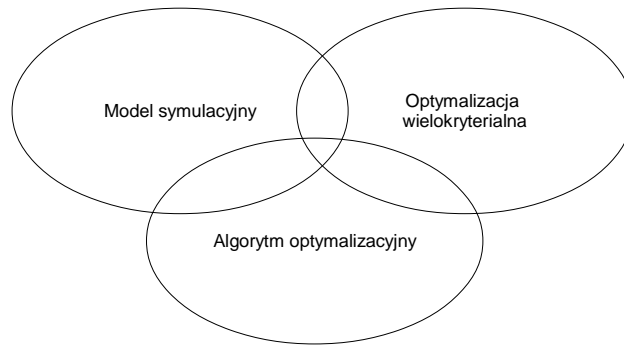
rozumiane jest jako proces identyfikacji, budowy i weryfikacji modelu (González-Cruza C. A., 2015). W procesie budowy i eksploatacji modelu planuje się wykorzystanie formalizacji oraz komputerowego modelowania i symulacji, pozwalających odzwierciedlić złożoną strukturę (jak przykładowo dynamiczne zachowanie się systemu produkcyjnego) i uwzględnić w pełni jego stochastyczność (Wang Q. i Chatwin C.R., 2005).

Oczekiwanym rezultatem pracy jest również nowa metoda, która umożliwi kompleksowe podejście do problemu równoważenia zadań w produkcji jednostkowej. Zakłada się, że w opracowanej metodzie, uwzględnione zostaną wszystkie najważniejsze aspekty obiektu badań czyli: wielokryterialność funkcji celu, złożoność procesu, oraz niepewność wiedzy. W wymiarze praktycznym, opracowana metoda będzie mogła być podstawą metodyczną informatycznego systemu wspomaganie produkcji, zgodnie z kontekstem przedstawionym na rysunku 3. System zarządzania procesem złożonym (SZPZ) wykorzystuje informatyczny system wspomaganie zarządzania procesem złożonym (ISWZPZ), w którego module ma być wykorzystywana opracowana w pracy metoda.



Rysunek 3 Kontekst systemu wspomaganie zarządzania procesem złożonym (źródło: opracowanie własne)

Ze strony metodycznej cel postawiony w pracy zostanie osiągnięty poprzez wykorzystanie w opracowanej metodzie, modelowania symulacyjnego, metod optymalizacji wielokryterialnej oraz algorytmów heurystycznych. Opracowana metoda łączy te trzy wskazane metody, aby optymalizować zadane miary wydajności obiektu badań. Schemat konceptualny metody autorskiej przedstawiono na rysunku 4. Jak ukazano na diagramie, łącznikiem, pomiędzy modelem symulacyjnym a funkcją oceny będzie algorytm heurystyczny, który podczas działania modelu symulacyjnego, będzie optymalizował jego parametry wpływające na równoważenie zadań w procesie.



Rysunek 4 Ideowy schemat opracowanej metody (źródło: opracowanie własne)

W oparciu o tak zdefiniowany cel pracy sformułowano następujące cele szczegółowe:

**1) Cele teoriopoznawcze:**

- a) analiza i ocena istniejących teorii zarządzania procesem produkcji,
- b) identyfikacja i analiza cech procesów złożonych,
- c) uogólnienie doświadczeń metodycznych w zakresie modelowania procesów złożonych.

**2) Cele metodologiczne:**

- a) identyfikacja składowych autorskiej metody optymalizacji procesu złożonego z danymi niepewnymi,
- b) formalizacja obiektu badań jakim jest procesu złożony przetwarzający spersonalizowane projekty w warunkach niepewności,
- c) opracowanie kompleksowej metody zarządzania procesem złożonym z danymi niepewnymi,
- d) opracowanie podstaw metodycznych oraz środowiska informatycznego systemu wspomagania decyzji dla obszaru zarządzania procesem złożonym z danymi niepewnymi,
- e) weryfikacja opracowanej metody w środowisku symulacyjnym.

**3) Cele użyteczne:**

- a) empiryczna weryfikacja skuteczności autorskiej metody w rzeczywistym środowisku produkcyjnym,
- b) analiza porównawcza wyników uzyskanych z wykorzystaniem autorskiej metody w zestawieniu z rozwiązaniami referencyjnymi opartymi na wiedzy ekspertów.

Tak sformułowane cele oraz problem badawczy stał się punktem wyjścia do sformułowania hipotezy:

*Opracowana metoda, wspomagająca zarządzanie procesem przetwarzającym spersonalizowane projekty z niepewnością, pozwoli na efektywny dobór parametrów sterujących procesem jednostkowym z zadaniem wyjściem.*

Poddana weryfikacji hipoteza oznacza, że opracowana metoda umożliwi taki dobór parametrów sterujących procesem, że zostanie osiągnięta poprawa wartości kryteriów w kierunku zadanym przez decydentów. Wyniki uzyskane dla metody zostaną zweryfikowane zarówno w środowisku symulacyjnym jak również kolejno porównane z danymi referencyjnymi procesu, zaproponowanymi przez eksperta.

\*\*\*

Zakres przedstawionej pracy doktorskiej jednoznacznie wpisuje się w nurt praktyczny **nauk o zarządzaniu i jakości** na poziomie funkcjonalnym zarządzania produkcją i technologią. W ujęciu poziomów zarządzania, praca operuje na poziomie operacyjnym w obszarach wspomagania decyzji kierowniczych oraz zarządzania procesami. W pracy wykorzystano aparat matematyczny pochodzący z obszaru badań operacyjnych oraz metod komputerowych, takich jak symulacja czy zawarte w sztucznej inteligencji metody przeszukiwania losowego i konstruowania funkcji heurystycznych. Praca wnosi do nauk o zarządzaniu i jakości sformalizowaną metodę umożliwiającą modelowanie złożonych procesów i ich optymalizację, która zawiera w sobie etapy od tworzenia modelu do otrzymania proponowanego rozwiązania optymalizującego proces w kierunku oczekiwanych wartości. W efekcie wykorzystanie autorskiej metody może prowadzić do zwiększenia zarówno konkurencyjności przedsiębiorstw jak i doskonalenia istniejących w nich procesów produkcji.

## **Opis zawartości pracy**

Praca składa się z pięciu rozdziałów oraz zaopatrzona jest we wstęp i zakończenie.

We wstępie przedstawiono krótkie wprowadzenie do badanego problemu. Określono obiekt badań, a następnie opisano dokładnie problem badawczy. Wskazano, że jest on istotny zarówno z teoretycznego punktu widzenia jak i praktyki gospodarczej. Całość rozdziału kończy się przedstawieniem celu i hipotezy oraz krótkim opisem idei stworzonej metody, uwzględniając jej najważniejsze aspekty.

W rozdziale pierwszym przedstawiono charakterystykę procesów złożonych, przetwarzających spersonalizowane projekty w warunkach niepewności. Proces złożony został sklasyfikowany na podstawie systemów produkcji. Zostały też wskazane jego istotne cechy uwzględniane w problemie badawczym. Następnie przedstawiono zasady oraz metody

modelowania, które zostaną wykorzystane w dalszej części pracy. Rozdział kończy się formalizacją obiektu badań.

W rozdziale drugim przedstawiono metody wspomagające zarządzanie procesami złożonymi, przetwarzającymi spersonalizowane projekty w warunkach niepewności. Przedstawiono stosowane w literaturze metody optymalizacji takich procesów oraz sposoby określania kryteriów optymalizacji. Następnie opisano zastosowany algorytm optymalizacji heurystycznej.

W rozdziale trzecim przedstawiono autorską metodę zarządzania procesami złożonymi przetwarzającymi spersonalizowane projekty w warunkach niepewności, którą opisano ogólnie, wraz z przyjętymi założeniami. Określono zasady definiowania kryteriów optymalizacji oraz przedstawiono zastosowany w metodzie algorytm optymalizacyjny.

Następnie w rozdziale czwartym, na podstawie studium przypadku, zweryfikowano poprawność opracowanej metody oraz ukazano jej możliwe zastosowanie w systemie zarządzania produkcją.

W zakończeniu podsumowano uzyskane wyniki, jak też określono czy zweryfikowano hipotezę i osiągnięto zadany na początku pracy cel. Przedstawiono dalsze możliwe kierunki rozwoju metody oraz docelowe miejsca jej wykorzystania.



# **1 Charakterystyka procesów złożonych przetwarzających spersonalizowane projekty w warunkach niepewności**

Właściwa identyfikacja i analiza obiektu badań stanowią bardzo istotne etapy procesu badawczego - postać i podstawowe cechy obiektu badań stanowią wprost o kształcie opracowanego modelu czy metody (Fink K. i in., 2020). Przyjętym obiektem badań jest proces złożony przetwarzające spersonalizowane projekty. W niniejszym rozdziale podjęto próbę identyfikacji charakterystyki i cech procesów złożonych (Tiamaz Y i Souissi N., 2018). Ukazano miejsce procesów złożonych na tle istniejących taksonomii procesów, szczególnie procesów produkcyjnych. W rozważaniach ukazano, że procesy złożone zajmują bardzo istotne miejsce w działalności przedsiębiorstw (Rolstadas A i in., 2019), nie ograniczając się jedynie do złożonych procesów produkcji (Wu S. i in., 2019). Dodatkowo, ukazano istotną rolę globalizacji (i globalnej konkurencji), rosnących wymagań klientów i personalizacji produktów (Qi Y. i in., 2020) jako determinant rozwoju procesów złożonych oraz przybliżono związane z tym zagadnienie przetwarzania spersonalizowanych projektów. Podążając za wskazaniami literaturowymi, zdefiniowano pojęcie niepewności i ukazano rolę tego czynnika w podejściu systemowym do modelowania procesów złożonych. Przeprowadzone uogólnienie doświadczeń literaturowych stanowiło podstawę do wyboru zasad modelowania i formalizacji wykorzystanych w dalszych etapach pracy. Rozdział kończy przedstawienie postaci matematycznej przyjętego obiektu badań: jego podstawowych składowych oraz zasad dekompozycji.

## **1.1 Pojęcie procesów złożonych na tle klasyfikacji procesów produkcji**

W tym podrozdziale podjęto próbę posadowienia pojęcia procesów złożonych na tle stosowanych w literaturze podziałów procesów produkcji, uwzględniając ich podstawowe cechy, takie jak na przykład typ organizacji, przepływ przedmiotu pracy oraz stosowana technologia. W teorii na temat klasyfikacji systemów produkcyjnych zidentyfikowano i opisano wiele takich podziałów (Chryssolouris G., 2013). Zrozumienie systemów produkcyjnych jest ważnym krokiem w ich dalszej optymalizacji. Poprzez przegląd istniejących klasyfikacji i taksonomii dla produktów dyskretnych, stworzono schemat klasyfikacji według czterech kategorii: produkcji, obsługa materiałów, inspekcji jakościowej oraz kontroli i planowania procesów, będący w zgodności ze wskazaniami literaturowymi (Sorensen D. G. H. i in., 2018). Podział ten ukazuje szczegółowe czynności jakie wykonywane są w każdej kategorii. Podstawową klasyfikację procesów przedstawiono

w tabeli 1.1. Wskazuje ona podstawowe determinanty kategoryzacji procesów ze względu na oraz ich podstawowe cechy.

Tabela 1.1 Kryteria podziału procesów produkcji (Prońko J. i in., 2008)

Kryterium	Wyróżniony podział
Ciągłość i przebieg w czasie	procesy dyskretne
	procesy ciągłe
Rodzaj stosowanych technologii	Wydobywcze
	Przetwórcze
	Obróbkowe
	montażowe i demontażowe
	procesy naturalne i biotechnologiczne
Zastosowane środki pracy	Ręczne
	Maszynowe
Cechy organizacyjne	Potokowa
	Uniwersalna
Specjalizacja i obciążenie stanowisk	Masowa
	Seryjna (wielkoseryjna, średnioseryjna, małoseryjna)
	Jednostkowa

Przedstawiony w powyższej tabeli podział wskazuje pięć stosowanych kryteriów którymi można klasyfikować procesy produkcyjne ze względu na ich cechy. Każde z kryteriów wskazuje na pewne właściwości systemu, które pozwalają wnioskować o przebiegu procesu (Botti L. i in., 2017).

Pierwszym kryterium jest ciągłość i przebieg w czasie, które ściśle zależą od rodzaju wytwarzanego wyrobu. Na bardzo ogólnym poziomie można wskazać, że produkt dyskretny to taki, który wytwarza się jednostki danego wyrobu, zaś w produkcji ciągłej proces przepływu materiału przebiega bez przerwy (Hastings D. i McManus H., 2004). Przykładem tego może być np. produkcja chemiczna. Jako jedną z cech procesów dyskretnych wskazano, że człowiek ingeruje w proces bezpośrednio lub za pomocą zautomatyzowanego systemu logicznego wspomaganego techniką komputerową (Prońko J. i in., 2008). W dyskretnych procesach, zadania produkcyjne wyraża się liczbą wyrobów lub półfabrykatów, a powinności każdego ze stanowisk są jednakowe (Lee J. i in., 2018). Przez każde z nich ma przejść taka liczba wyrobów lub półfabrykatów jaka jest przeznaczona dla całego ciągu produkcyjnego (Liwowski B. i Kozłowski R., 2006). W przypadku procesów ciągłych sytuacja jest inna – zadania są zazwyczaj aparaturowe i przebiegają bez przerwy w całodobowym cyklu pracy, takim jak np. produkcja chemiczna (Wu S. i in., 2019).

Kolejnym wskazanym w powyższej tabeli, kryterium klasyfikującym procesy produkcyjne jest stosowana technologia, która dzieli procesy w zależności od czynności które w nich zachodzą. I tak kolejno są to procesy:

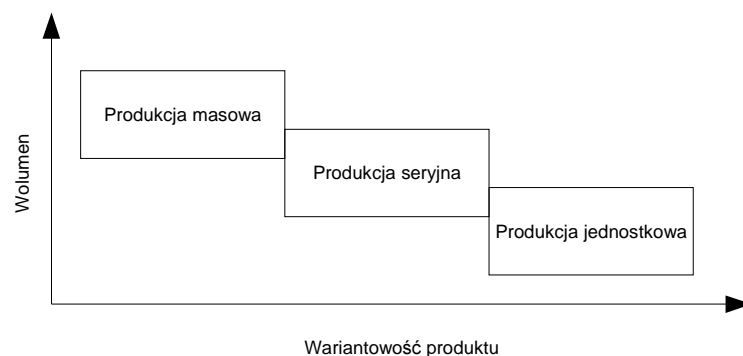
- Wydobywcze, czyli pozyskujące surowce;
- Przetwórcze, powodujące zmianę właściwości fizykochemicznych obrabianych materiałów;
- Obróbkowe zmieniające kształty i cechy lub strukturę wewnętrzną;
- Montażowe i demontażowe, polegające na składaniu lub rozkładaniu wyrobu;
- Naturalne i biotechnologiczne czyli dokonujące zmiany powierzchniowej i wewnętrznej wyrobów (Chryssolouris G., 2006).

Ważnym aspektem kategoryzacji procesów jest podział ze względu na zastosowane środki pracy, który rozróżnia dwa główne podejścia. Są to procesy ręczne, czyli wykorzystujące narzędzia ręczne, oraz maszynowe, wykorzystujące maszyny i urządzenia do produkcji (Dadashnejad A. A. i Valmohammadi, C., 2019). W praktyce stosowane są również procesy hybrydowe (Botti L. i in., 2017).

Przyjmując zaś za kryterium podziału procesów cechy organizacyjne, można wyróżnić produkcję potokową i uniwersalną (Dadashnejad A. A. i Valmohammadi, C., 2019). Jednak w praktyce trudno spotkać procesy produkcji, ściśle odpowiadające temu teoretycznemu modelowi (Carlisle K. i Gruby, R. L., 2019). Produkcja potokowa powstała, żeby możliwie jak najściślej dostosować organizację do charakteru i wymagań procesu produkcyjnego (Dadashnejad A. A. i Valmohammadi, C., 2019). Ma on po prostu przebiegać jak najsprawniej i najtaniej, bez zakłóceń oraz przerw. Cechą podstawową jest tu ciągłość procesu produkcyjnego (Kuhn M. i Franke J., 2021). Istotna w produkcji potokowej jest ciągłość przedmiotu pracy, co oznacza, że przedmiot pracy od chwili wprowadzenia do procesu produkcji, znajduje się bezustannie w ruchu, czyli podlega obróbce, kontroli jakości lub jest transportowany (Liwowski B. i Kozłowski R., 2006). Produkcja potokowa ma swoje zalety, jednak ceną jaką musimy za to płacić jest konieczność zmian (często istotnych) organizacyjnych przy rozpoczynaniu produkcji nowego wyrobu (Dadashnejad A. A. i Valmohammadi, C., 2019). Drugi typ procesów uwzględniany przy podziale procesów ze względu na organizację produkcji to uniwersalna organizacja produkcji. Jej podstawowe założenie wynika z dążenia do stworzenia elastycznego systemu produkcji (Bozarth C. i in., 2007). Pozwala on wykonywać procesy produkcyjne bez konieczności wprowadzania kosztownych zmian do istniejącej już organizacji. Często zmiany te mogą powodować

przeście (Liwowski B. i Kozłowski R., 2006). Takie rozwiązanie posiada swoje zalety, a główną z nich jest możliwość realizacji różnych zadań (Malik A. I. i Sarkar B., 2020). Cechy organizacji uniwersalnej, mogą być postrzegane jako przeciwieństwo cech organizacji potokowej (Watkins K. E. i Kim K., 2018). W tym wypadku w przepływie przedmiotu pracy przerwy występują prawie przy każdym stanowisku roboczym (Lee J. i in., 2019), a powszechne jest tu przekazywanie nieukończonych wyrobów partiami (Watkins K. E. i Kim K., 2018), a więc część z nich zalega przed stanowiskiem. Charakter uniwersalny posiadają również stanowiska robocze, a to ze względu na wyposażenie i pracowników (Dadashnejad A. A. i Valmohammadi, C., 2019). Rozmieszczenie stanowisk roboczych jest zazwyczaj niezmiennie w czasie, maszyny są pogrupowane według rodzajów wykonywanych przez nie funkcji (Liwowski B. i Kozłowski R., 2006).

W odniesieniu do rozważanego obiektu badań, najważniejszym kryterium jest podział procesów produkcji ze względu na specjalizację i obciążenie stanowisk (Gong J. i You F., 2018). W tym wypadku autorzy podobnie klasyfikują produkcję ze względu na wielkość i ilość wytwarzanych wyrobów. Każdy z tych typów odróżnia się ze względu na podstawową cechę, która determinuje strategię wytwarzania (Sweeney M. T., 1991). Cechą tą jest ilość wytwarzanych wyrobów oraz ich różnorodność. Rozróżnienie ze względu na powyższą cechę przedstawiono na rysunku 1.1.



Rysunek 1.1 Typ produkcji ze względu na wariantowość i wolumen produkcji (opracowanie własne)

Typ produkcji, wynikający ze stopnia specjalizacji stanowisk roboczych oraz ich obciążenia, związanego z zadaniami, został zaproponowany jak poniżej (Dwiliński L., 2002):

- Masowy typ produkcji – na każdym stanowisku jedno zadanie, operacja lub część wyrobu, liczba wytwarzanych części jest wielka, na danym stanowisku tylko zadania jednego typu;
- Seryjny typ produkcji:

- produkcja wielkoseryjna, na stanowisku wykonuje się 2 do 5, a nawet do 10 części lub operacji wielokrotnie okresowo powtarzalnych,
- produkcja średnioseryjna, przy wykonywaniu 5 do 25 części lub operacji,
- produkcja małoseryjna przy wykonywaniu na stanowisku 20 do 50 operacji lub części w powtarzalnym cyklu, wytwarzana jest zaplanowana seria produkcyjna;
- Jednostkowy typ produkcji – na stanowisku wykonywane są jednostkowo rozmaite części bez regularnego cyklu powtarzalności, a liczba wytwarzanych wyrobów danego rodzaju to maksymalnie kilka sztuk.

I tak, rozwijając klasyfikację ze względu na specjalizacje i obciążenie stanowisk w ujęciu względem wariantowości wyrobów, typ produkcji można podzielić tak jak zaproponował (Pasternak K., 2005) na:

- Jednostkowy – charakteryzuje się niepowtarzalnym lub powtarzalnym w pewnych nieokreślonych odstępach czasu wytwarzaniem pojedynczych wyrobów;
- Seryjny – charakteryzuje się okresowym wytwarzaniem oznaczonej serii jednakowych wyrobów. Produkcja wyrobów w serii nie jest zależna od ich liczby;
- Masowy – charakteryzuje się długotrwałą produkcją w jednym lub kilku zbliżonych do siebie wariantach. Istotna jest ciągłość wytwarzania produktów.

W odniesieniu do rozważanego w niniejszej pracy zagadnienia, szerzej opisano typ produkcji jednostkowej. Produkcja jednostkowa umożliwia wytwarzanie szerokiego asortymentu wysoce zindywidualizowanych produktów w niewielkich ilościach (nawet pojedynczych sztuk) (Vaidhya S. i in., 2018). Proces ten charakteryzuje się wykorzystaniem narzędzi ogólnego przeznaczenia oraz zaangażowaniem pracowników o szerokich kwalifikacjach. (Bozarth C. i in., 2007). Istotny aspekt stanowi tu spełnienie unikatowych życzeń klientów. Przy tej produkcji wyrób jest niestandardowy (Dwiliński L., 2002). Przy produkcji jednostkowej wykorzystuje się bardzo elastyczny personel oraz wyposażenie. Pracownik uczestniczy często w kilku etapach produkcji, a zakład wykorzystuje układ funkcjonalny, grupujący fizycznie zasoby według funkcji (Watkins K. E. i Kim K., 2018). Uzasadnieniem takiego układu jest to, że każdy produkt może wymagać innej sekwencji zadań. Przy tym typie produkcji wymagana jest bardzo duża elastyczność ze względu na możliwe zakłócenia produkcyjne (Malik A. I. i Sarkar B., 2020).

Obciążenie stanowisk wpływa znacząco na organizację całego procesu produkcyjnego. Typ organizacji produkcji, jest wynikiem stopnia specjalizacji stanowisk roboczych oraz ich

obciążenia zadaniami lub operacjami wytwórczymi. Podstawowe różnice pomiędzy poszczególnymi typami produkcji są następujące (Dwiliński L., 2002):

- Różne wyposażenie stanowisk roboczych, najbardziej widoczne podczas produkcji jednostkowej i małoseryjnej;
- Różne kwalifikacje pracowników, najwyższe w produkcji jednostkowej;
- Różne rozmieszczenie stanowisk roboczych, najbardziej liniowe w produkcji masowej;
- Różnie też planują prace pomocnicze, najdokładniej w produkcji masowej;
- Różnie planują i rozliczają koszty.

Podsumowując, procesy produkcji można sklasyfikować przez pryzmat wielu kryteriów, wyodrębniając wiele ich typów szczegółowych. Zidentyfikowane cechy procesów produkcyjnych pozycjonują wskazany w pracy obiekt badań w obszarze procesów produkcji dyskretnej. Warto zauważyć, że rodzaj stosowanej technologii nie pełni w tym momencie istotnej roli, gdyż dotyczy on procesów prostych i powinien być indywidualnie wskazywany dla każdego przypadku, podobnie jak środki pracy. Cechy organizacji jakie posiada badany obiekt, są najbardziej zbliżone to organizacji uniwersalnej. W wypadku najważniejszego kryterium, czyli specjalizacji i obciążeniu stanowisk, obiekt badań posiada najważniejsze, wskazane cechy produkcji jednostkowej. Dzięki powyższej klasyfikacji, stwierdzono, że proces złożony, przetwarzający spersonalizowane projekty w warunkach niepewności, odpowiada w ujęciu procesów produkcji, dyskretnemu, uniwersalnemu procesowi produkcji jednostkowej.

## **1.2 Zarządzanie systemami produkcji**

Współczesny świat stawia przed systemami produkcyjnymi nowe wyzwania, którymi są przede wszystkim zapewnienie odpowiedniej jakości produktów w krótkim czasie i w akceptowalnym koszcie (Ghobakhloo M., 2020). Wszystkie te oczekiwania powodują, że optymalne wykorzystanie zasobów przedsiębiorstwa w całym łańcuchu dostaw, a szczególnie w punkcie w którym wytwarzana jest wartość dla klienta, czyli w systemie produkcji, jest bardzo istotna. Zarządzanie systemami produkcji jest rozległą dziedziną. W literaturze przedmiotu wskazuje się, że odpowiednia strategia systemu produkcji może nie tylko wspierać przewagę konkurencyjną, ale wręcz jest źródłem ustanowienia przewagi konkurencyjnej opartej na produkcji (Sweeney M. T., 1991). Inne źródła literaturowe ukazują jednoznacznie, że obszar ten, pozwala tworzyć przewagę konkurencyjną (Li N. i in., 2017),

a więc jego optymalne wykorzystanie jest jednym z celów strategicznych przedsiębiorstwa produkcyjnego (Vaidhya S. i in., 2018). Pozwala to, tworzyć przewagę nad konkurencją poprzez zarówno lepsze odpowiadanie na potrzeby klientów (Tiamaz Y. i Souissi N., 2018), jak również poprzez sam proces produkcji, który jest w stanie w efektywny sposób dostarczać produkty o np. wysokim stopniu personalizacji, lub w odpowiednio krótkim czasie (Fink K. i in., 2020). Systemy produkcji, z odpowiednio krótkimi czasami wytworzenia, są w stanie znacząco wpływać na kondycję przedsiębiorstwa poprzez zapewnianie produktów do sprzedaży, ale również dają możliwość minimalizacji zapasów w łańcuchu dostaw, co minimalizuje kapitał zaangażowany w zapasach (Lee J. i in., 2018). Dodatkowo, literatura przedmiotu wskazuje, że system produkcji z krótkimi czasami wytworzenia jest odpowiedni dla efektywne zarządzania produktami o krótkim cyklu życia (Dorigo M. i Stutzle T. 2010) (Zheng P. i in., 2018).

Aktualnie wielu decydentów postrzega zarządzanie systemami produkcji poprzez pryzmat zarządzania operacyjnego (André S. i in., 2017). Warto wskazać, że zarządzanie systemem produkcji, oprócz właściwych procesów produkcyjnych, w swoim zakresie zawiera projektowanie procesu produkcji oraz jego późniejszą kontrolę (Boysen N. i in., 2008). Oznacza to, że kierujący operacjami zarządza zarówno zespołem inżynierów produkcji odpowiadających za proces jak i zespołami odpowiedzialnymi za wykonywanie całego procesu produkcyjnego (Brzeziński M., 2002). Pozwala to na optymalne wykorzystanie posiadanych zasobów oraz znacząco przyspiesza decyzyjność w procesach (Dolgui A. i Proth J. i in. 2010). Odpowiedzialność za proces jest w takim układzie również jednoznaczna. W szerszej perspektywie zarządzanie produkcją obejmuje decyzyjność w zakresie operacji, które służą wytworzeniu produktu lub usługi (Groover M. P., 2008). Zwykle jest to utożsamiane z zarządzaniem procesem wraz z jego zdolnością do wytwarzania określonych wolumenów (Boysen N. i in., 2008). Wielu badaczy wskazuje dodatkowe aspekty zarządzania produkcją, a są nimi: zarządzanie jakością, planowanie produkcji oraz zarządzanie zapasami materiałowymi (Khurana A., 1999) (André S. i in. 2017) (Chryssolouris G., 2013). Znalezienie odpowiednich modeli dla wszystkich tych procesów jest zadaniem niezwykle złożonym. Trzeba zaznaczyć, że aktualnie przedsiębiorstwa konkurują w innym środowisku niż jeszcze kilka lat temu, a dostęp do dużych zbiorów danych oraz globalny dostęp do sieci Internet spowodowały, że zarządzanie operacyjne stało się jedną z najważniejszych funkcji aby osiągnąć założone cele strategiczne (Reid R. D., 2019). Wiele współczesnych firm aktualnie konkuruje na światowych rynkach oraz produkuje często jednocześnie na większości kontynentów w różnych krajach. Powoduje to, że zarządzanie takimi operacjami

stawia nowe wyzwania. Kluczowe w tym wszystkim jest umiejętność skutecznego zarządzania, opartego na faktach, co umożliwi dostęp do zbiorów danych (Dolgui A. i Proth J. i in. 2010). Odpowiednie zbieranie danych, a następnie ich przetwarzanie w celach zarządczych jest jednym z wyzwań przed którymi stoi zarządzanie operacyjne, włącznie z zarządzaniem produkcją (André S. i in. 2017).

Aktualnie występujące wyzwania w zarządzaniu produkcją związane są z rosnącymi oczekiwaniami ze strony klientów. Według Y. Lu i in. podstawowe determinanty wyboru produktu stanowią cena, jakość oraz dostępność produktu, lub w przypadku produktów na zamówienie czas realizacji tego zamówienia (Lu Y. i in., 2020). Kolejnym czynnikiem mającym wpływ na działania przedsiębiorstw jest ciągły rozwój technologiczny, obejmujący zarówno technologię jak i metody wytwórcze oraz oprogramowanie. W związku z tym w systemach produkcyjnych implementuje się coraz więcej rozwiązań związanych z cyfryzacją i zbieraniem danych w niemalże każdym możliwym miejscu w procesie produkcji (Dadashnejad A. A. i Valmohammadi, C., 2019). Jednak, jak wskazują Autorzy, duże ilości danych w systemach informatycznych wciąż potrzebują odpowiedniego przetworzenia i interpretacji, aby powstały z nich użyteczne decyzyjne informacje, a kolejno aby móc z nich wnioskować i podejmować w procesie zarządczym odpowiednie decyzje (Oberländer A. M. i in. 2018).

Odpowiedzią na rosnące wymagania ze strony klientów jest tzw. Przemysł 4.0, którego głównym celem jest zaspokojenie potrzeb klientów (Tiamaz Y. i Souissi N., 2018). Pojęcie to dotyka również innych aspektów działania przedsiębiorstwa zaczynając od badań i rozwoju, poprzez projektowanie, oraz inne aspekty operacyjne, a kończąc na serwisie (Sung Tae K., 2018). Jedną z cech Przemysłu 4.0 stanowi całościowe podejście do zarządzania cyklem życia produktów, które pozwala na optymalizację całego łańcucha dostaw i dystrybucji (Kumari A. i in. 2018).

Można uznać więc, że najważniejszym aktualnie trendem w działaniach operacyjnych, na poziomie zarządzania produkcją jest tzw. Przemysł 4.0 czyli czwarta rewolucja przemysłowa (Dolgui A. i in., 2019). Sam postęp przemysłu 4.0 został określono przez wielu badaczy jako wykładniczy (André S. i in. 2017), a sama rewolucja zmienia fundamentalnie sposób życia i pracy jednostek, oraz daje możliwości w zakresie zrównoważonego rozwoju (Ghobakhloo M., 2020). Dostęp do ogromnych ilości danych w jednym momencie oraz możliwość pracy w niektórych zawodach z praktycznie każdego miejsca na świecie, wpływają realnie na życie i pracę ludzi (Lu Y. i in., 2020). Należy podkreślić dodatkowo, że możliwość zrównoważonego rozwoju dla przemysłu jest również niezwykle istotna, a wiąże się zarówno



ze stabilnością biznesu jak i oczekiwaniem klientów np. w aspekcie ochrony środowiska i świadomego ograniczania wykorzystania zasobów (Dolgui A. i in., 2019).

W literaturze przedmiotu Przemysł 4.0 definiuje się również jako nowy poziom organizacji gdzie występuje kontrola łańcucha wartości dla całego cyklu życia produktu, aby odpowiadać coraz bardziej złożone, indywidualne wymagania klientów (Vaidhya S. i in., 2018). Literatura przedmiotu podkreśla fakt, że dane na temat procesów i produktów zbierane są w wielu miejscach tworząc się nowy obszar do rozwoju jakim jest analiza dużych zbiorów danych (Tao F. i in., 2002) (Dadashnejad A. A. i Valmohammadi, C., 2019) (Lu Y. i in., 2020). Przykładowo, kontrola w całym łańcuchu wartości jest jedną z przewag, którą umożliwia wykorzystanie nowoczesnych narzędzi technologicznych i informatycznych (Dadashnejad A. A. i Valmohammadi, C., 2019). Analiza danych dotyczących wskaźników lub cech produktu pozwala cyklicznie usprawniać wewnętrzne procesy w firmie (Tao F. i in., 2002), a tym samym poprawiać jakość produktu oraz obniżać koszty (Irani Z. i in., 2018). Uogólniając, dostępny wolumen danych i informacji zarządczych, stanowi istotne źródło wiedzy dla kadry zarządzającej, pozwalając szybciej reagować na zmienną rzeczywistość zarówno w kontekście zewnętrznego otoczenia przedsiębiorstwa jak i wewnętrznych procesów (André S. i in., 2017). Jak wskazują A. Dolgui i in. wykorzystanie nowoczesnych technologii stanowi nowy poziom zarządzania produkcją, który pozwala jeszcze lepiej spełniać oczekiwania klientów (Dolgui A. i in., 2019). Przykłady tego stanowią śledzenie zamówień w czasie rzeczywistym czy produkcja w nowoczesnych fabrykach zwanych z ang. „smart factory” (Dolgui A. i in., 2019).

Osiągnięcie poziomu Przemysłu 4.0 wymaga od przedsiębiorstwa zaimplementowania odpowiednich rozwiązań technologicznych (Tao F. i in., 2002). Jako dwa główne obszary krytyczne wskazywane jest przede wszystkim implementacja rozwiązań Internet rzeczy (ang. Internet of Thing - IoT) (Brettel M. i in., 2014) oraz zarządzanie dużymi bazami danych połączone z wykorzystaniem technologii chmury obliczeniowej (Oberländer A. M. i in. 2018). Jako Internet rzeczy rozumie się, podłączenie każdej maszyny w procesie produkcyjnym z Internetem i wzajemnie z każdą inną maszyną (Kumari A. i in., 2018). Autorzy wskazują, że IoT zbudowany jest z trzech wiodących technologii jakimi są RFID (ang. Radio Frequency Identification), NFC (ang. Near Field Communication) oraz WSN (ang. Wireless sensor Network) (Kumari A. i in., 2018). Uogólniając, wskazane powyżej technologie pozwalają na bezprzewodową komunikację pomiędzy obiektami tworząc w ten sposób nowe możliwości optymalizacji procesów oraz zbierania danych dotyczących tych procesów (Lu Y. i in., 2020). Dane które są zbierane następnie muszą zostać przetworzone na

informacje, gdyż w stanie nieprzetworzonym są tylko zbiorem znaków i symboli. Informację są zaś przetworzonymi danymi, które są użyteczne dla organizacji (Miragliotta G. i in., 2018). Najważniejsze w odróżnieniu informacji od danych jest to, że informacje wspierają procesy decyzyjne w firmie oraz pozwalają kontrolować procesy które w nich zachodzą. Przykładowo, zbieranie danych o długości procesów może odbywać się poprzez ustawienie odpowiednich bramek z czytnikami RFID i znakowaniem każdej sztuki produktu taką naklejką. Zyskana w ten sposób informacja, może pomóc w lokalizacji komponentu w procesie lub dać dokładną wiedzę jaki czas jest potrzebny na poszczególne etapy procesu. Wykorzystanie przetworzonych danych w procesach produkcyjnych jest bardzo popularne oraz przynosi dużą wartość dla organizacji, gdyż wspiera zachowanie odpowiedniej jakości, dotrzymanie terminów oraz efektywne wykorzystanie zasobów w przedsiębiorstwie.

Zbieranie dużej ilości danych otwiera przestrzeń dla kolejnej dziedziny wykorzystywanej w Przemysle 4.0, czyli sztucznej inteligencji (Oberländer A. M. i in., 2018). Literatura wskazuje na postępującą rolę jej wykorzystania oraz konieczność systematycznego rozwoju i implementacji w obszarach produkcyjnych (Lee J. i in., 2018). Wykorzystanie sztucznej inteligencji jest naturalnym krokiem w zakresie analizy dużych zbiorów danych i szukania w nich zależności (Kumari A. i in., 2018). Z definicji wykorzystanie sztucznej inteligencji pozwala znajdować zależności w danych, które nie są wcześniej znane, a mogą być potencjalnie użyteczne, tym samym wspomagając procesy decyzyjne zachodzące w przedsiębiorstwie (Irani Z. i in., 2018). Wykorzystywana jest w szeregu zagadnień jak np. planowanie potrzeb materiałowych, planowanie dystrybucji, planowanie produktów czy zarządzanie finansami (Kuhn M. i Franke J., 2021). Innym ważnym obszarem, gdzie wykorzystywana jest sztuczna inteligencja, jest etap zapewnienia jakości produktów końcowych (Kuhn M. i Franke J., 2021). Może odbywać się to poprzez nauczenie algorytmu jak wygląda prawidłowo zmontowany element i następnie porównywanie każdej wyprodukowanej sztuki względem wzorca (Lu Y. i in., 2020). Oczywiście pozwala to przyspieszyć procesy kontrolne oraz zwiększyć ich skuteczność.

Implementacja rozwiązań Przemysłu 4.0 obejmuje również inne technologie, które są wykorzystywane w tworzeniu nowoczesnego procesu. Jednym z nich jest tzw. ang. „Digital twin” czyli tzw. cyfrowy bliźniak (André S. i in., 2017). Jest to cyfrowe odwzorowanie procesów zachodzących w rzeczywistym świecie (Tao F. i in., 2002). Odwzorowanie takie jest w stanie wykorzystywać dane pochodzące z rzeczywistego procesu takie jak np. wartości nastaw maszyn, aktualne wartości z czujników bądź realne plany produkcyjne (Lu Y. i in., 2020). W ten sposób naśladowanie w cyfrowej rzeczywistości pomaga podejmować decyzje.

Cyfrowy „bliźniak” tworzony jest najczęściej przy użyciu specjalistycznego oprogramowania symulacyjnego, przez co zyskuje możliwość symulacji scenariuszy, sprawdzających zmianę wpływu parametrów procesu na jego końcową postać (Oberländer A. M. i in. 2018). Tym samym cyfrowy bliźniak, który jest połączeniem w czasie zbliżonym do rzeczywistego świata fizycznego i wirtualnego, pozwala w dokładniejszy sposób przewidywać wyniki które można osiągnąć oraz usprawnia proces wykrywania problemów w świecie rzeczywistym. (Stavropoulos P. i Mourtzis, D., 2022).

Podsumowując w Przemysle 4.0 duży nacisk kładziony jest na wykorzystanie nowych technologii. Technologie te zmieniają zasady gry rynkowej, poprzez duży wpływ zarówno na modele biznesowe jak i produkcyjne (Zhong R. Y. i in., 2017). Wykorzystanie najnowszych zdobyczy zarówno szeroko rozumianej techniki, jak i samej technologii informacyjnej (a w tym sieci Internet), pozwala na skuteczną optymalizację procesów produkcji. Implementacja rozwiązań, stosowanych podczas czwartej rewolucji zdecydowanie zmienia sposób zarządzania złożonymi procesami produkcyjnymi. Można przyjąć, że Przemysł 4.0 stanowi odpowiedź na coraz większe wymagania klientów stanowiąc interdyscyplinarny zbiór narzędzi tworzących konkurencyjność produktu.

Wobec powyższego można uogólnić, że aktualnie zarządzanie produkcją wykorzystuje technologię w celu lepszego podejmowania decyzji przez decydentów. Pozwala to podejmować decyzje bazując na rzeczywistych danych, a tym samym minimalizować ryzyko niewłaściwych decyzji. Dodatkowo, wykorzystanie narzędzi sztucznej inteligencji oraz cyfrowych odwzorowań systemów pozwala uniknąć wielu problemów we wszystkich fazach kreowania procesów produkcji oraz zarządzania nimi. Problematyka zarządzania spersonalizowanymi projektami z niepewnością jest aktualna i ważna. Odpowiada ona na potrzebę znajdowania najlepszych rozwiązań bez wpływu na procesy w czasie rzeczywistym, tylko za pomocą wykorzystania metod sztucznej inteligencji oraz posiadanych danych.

### **1.3 Cechy procesów złożonych**

Obiektem badań w pracy jest złożony proces przetwarzający spersonalizowane projekty w warunkach niepewności. Zgodnie z definicją C. A. González-Cruza wskazuje się, że złożone systemy składają się z wielu współdziałających elementów (González-Cruza C. A., 2015). Według A. Russell i S. Taghipour należy tę definicję rozszerzyć o fakt, że złożone systemy składają się z podsystemów o skończonych wymiarach, a samo zachowanie systemu może być bardzo różne w zależności od zachowania tych składowych (Russell A. i Taghipour, S., 2019). Istotny jest fakt, że elementy nie mogą być badane jako całość, gdyż

zachodzą między nimi istotne interakcje (Oberländer A. M. i in., 2018). W literaturze wskazuje się również, że są to systemy, w których występuje duża ilość danych i informacji (Tao F. i in., 2002), co powoduje że mają kilka wspólnych problemów takich jak występowanie różnych typów danych, trudność w ich modelowaniu oraz duża ilość danych zawartych w procesie (Zhanga C. i in., 2015). Wskazano również, że z powodu wysokich kosztów napraw złożonych procesów, wykorzystanie metod statystycznych, dla potrzeb monitoringu i kontroli tych procesów jest bardzo pożądane przez praktyków przemysłu (Tao F. i in., 2002). Już samo zbieranie danych w czasie rzeczywistym pozwala uzyskać wyniki jakościowe mimo dużej ilości danych i informacji w procesach złożonych (Lu Y. i in., 2020). Możliwość ta otwarta jest również dla tak zwanych procesów naturalnych, czyli występujących w środowisku, aż po pracę ludzką np. wytwarzanie (Russell A. i Taghipour, S., 2019). W niniejszej pracy jako proces złożony zostanie przyjęty system produkcji jednostkowej. A więc, aby mówić o złożonym systemie produkcyjnym, posłużono się definicją, która wskazuje taki system jako spełniający następujące warunki (Mönch, L., 2007):

- Duża liczba typów produktów ze zmiennymi czasami operacji;
- Różne czasy przebrojeń w zależności od produktów;
- Występowanie niezależnie pracujących równoległych maszyn;
- Różne typy zakłóceń zewnętrznych i wewnętrznych;
- Występowanie procesów ze sprzężeniem zwrotnym.

Przedstawione powyżej cechy złożonego systemu produkcyjnego, wskazują, że dyskretny, uniwersalny proces produkcji jednostkowej, został prawidłowo zidentyfikowany jako obiekt badań. Dodatkowo w opracowaniach literaturowych wskazane są następujące cechy systemu (Kovalchuk S. V. i Boukhanovsky A.V., 2015):

- Duża ilość elementów w systemie;
- Złożone interakcje pomiędzy elementami;
- Wiele wariantów.

Obiekt badań jest procesem produkcji jednostkowej w przemyśle, co powoduje, że systemy takie dodatkowo charakteryzują się niepewnym i długim cyklem życia (Ankenman, B. E., i in, 2011) oraz zawierają w sobie duże ilości podsystemów, komponentów i interakcji z ich otoczeniem (Cluzel F. i in., 2012).

Dwie z powyższych cech (duża ilość produktów ze zmiennymi czasami operacji oraz różne typy zakłóceń zewnętrznych i wewnętrznych) są bardzo istotne w rozważanym problemie. Zmienny czas operacji wynika z rodzaju lub sposobu przetwarzania zadań np.

manualnych procesów (Faccio M. i in., 2019). Jednak precyzyjne określenie czasu bywa utrudnione ze względu na różne czynniki (Silva M. i in., 2020). W celu analizowania obiektu badań, aspekty te zostały określone jako dane, na temat czasu wykonania operacji w poszczególnych etapach procesu.

Niepewność ma różne definicje i taksonomie w różnych dziedzinach nauki. W modelowaniu komputerowym i symulacji, niepewność można traktować jako okres, albo aktywność w modelowaniu w której występuje brak wiedzy (Oberkampff W. L. i in., 1999). Inżynieria systemów wskazuje niepewność jako brak precyzyjnej lub jakiegokolwiek wiedzy na jakiś temat (Hastings D. i McManus H., 2004). Jeszcze inna definicja to luka w informacji lub wiedzy, która powinna być znana, aby podjąć optymalną decyzję z minimalnym ryzykiem (DeLaurentis D. A. i Mavris D.N., 2000). Niepewność może być również rozumiana jako niekompletna wiedza oraz nieodłączna zmienność systemu i środowiska (Yao W. i in., 2011). Ta ostatnia definicja niepewności najlepiej pokazuje jej wpływ na cechy obiektu badań jakim jest złożony proces przetwarzający spersonalizowane projekty. Najprostszym przykładem niepewności w analizowanym procesie, jest niepewność czasu wykonania zadań na poszczególnych stanowiskach będących zbiorami procesów prostych. Zauważono, że niepewność ta wzrasta wraz z ilością stanowisk w danym procesie (Dolgui A. i in., 2019). Niepewność może się przejawiać również jako luki w wiedzy lub niejasności, które wpływają na zdolność rozumienia jakie konsekwencje niesie decyzja (Gregory R. i in., 2012). Oznacza to, że w przypadku procesów złożonych, wiedza ma również charakter niepewny, a tym samym nie jesteśmy w stanie przewidzieć rezultatów działania procesu złożonego (Irani Z. i in., 2018).

Choć sama definicja niepewności jest klarowna, problemem jest jej jednoznaczna reprezentacja w samym obiekcie badań (Groover M. P., 2008). Należy pamiętać, że niepewność jest silnie skorelowana z wynikami modelowania, a przez to wpływa również na same decyzje (Tiamaz Y. i Souissi N., 2018). Najpopularniejszym sposobem przedstawiania niepewności, przy podejmowaniu decyzji, jest analiza rozkładu prawdopodobieństwa (Levary R. i Wan K., 1998) (Acar C. i in., 2018). Jako przykład można tutaj przytoczyć choćby rozmytą wersję metody Analitycznego Hierarchicznego Procesu decyzyjnego (ang. Fuzzy Analytic Hierarchy Process - AHP) (Acar C. i in., 2018). Dodatkowo, metody wykorzystujące prawdopodobieństwo są dobrze ugruntowane w nurcie nauki dotyczącym decyzji (Durbach I. N. i Stewart T. J., 2011). Kolejnym popularnym sposobem reprezentacji niepewności jest wykorzystanie kwantyli rozkładu (Al-Yahyaee K. H. i in, 2020). Podejście to jest popularne w logice rozmytej, gdzie najczęściej, wartości niepewne opisywane są przez trzy przedziały,

minimalny, maksymalny i średni. I tak można porównać ciągłą rozmytą wartość do ciągłej dziedziny (Lee J. i in., 2001). Dla pojedynczych obiektów popularne jest reprezentowanie niepewności jako średniej z wariancją. Podejście to zastosowano między innymi w ekonomii i finansach (Spronk J. i in., 2005). Innym popularnym podejściem jest wykorzystanie scenariuszy do reprezentowania niepewności (Woodall W. H. i Montgomery D.C., 2014). Polega to na opisaniu możliwych rozwinięć niepewności.

Dążąc do systematyzacji pojęć opisujących niepewność należy wskazać pracę (Durbach I. N. i Stewart T. J., 2011). Autor zidentyfikował następujące 6 typów reprezentowania niepewności:

- Rozkład prawdopodobieństwa;
- Wartość oczekiwana – jest to wartość oczekiwana każdego celu;
- Odchylenie standardowe;
- Trzy punktowa aproksymacja, liczby rozmyte;
- Scenariusze;
- Kwantyle.

Dodatkowo, należy wskazać popularną, efektywną matematyczną drogą modelowania niepewności czyli logikę rozmytą (Hilletoft, P. i in., 2019). Logika rozmyta, znana również jako logika nieostrości, to gałąź logiki, która pozwala uchwycić w procesie modelowania niepewność i rozmyte granice w procesie podejmowania decyzji i analizy danych (Caiado, R. G. i in., 2021). Logika rozmyta pozwala reprezentować informacje, które są bardziej abstrakcyjne i trudne do określenia w sposób dokładny (Mittal, K. i in., 2020). Logika rozmyta stanowi nieocenione narzędzie w nauce. Jej rola w modelowaniu złożonych zjawisk oraz analizie danych jest nieustannie rosnąca, a jej elastyczność sprawia, że jest niezastąpiona w dzisiejszym świecie (Chryssolouris G., 2013). W rzeczywistości, wiele decyzji i wniosków, które podejmujemy na co dzień, jest obarczonych pewnym stopniem niepewności. Logika rozmyta, jako narzędzie matematyczne, doskonale nadaje się do modelowania i rozwiązywania problemów związanych z niepewnością (Lohmann M. i in., 2019). Logika rozmyta pozwala na reprezentowanie niepewności w sposób bardziej naturalny niż tradycyjna logika dwuwartościowa (Caiado, R. G. i in., 2021). W tradycyjnej logice, informacje są albo prawdziwe, albo fałszywe, co nie odzwierciedla w pełni stopnia pewności czy przynależności do danej kategorii (Mittal, K. i in., 2020). Logika rozmyta pozwala na określenie stopnia przynależności do różnych kategorii, co jest szczególnie przydatne w sytuacjach, gdzie granice między kategoriami są rozmyte (Caiado, R. G. i in., 2021). Logika rozmyta umożliwia skomplikowane operacje na danych niepewnych. Na przykład, możemy wykorzystać ją do

oceny ryzyka w inwestycjach finansowych, gdzie niepewność jest inherentną częścią rynku (Hilletoft, P. i in. 2019). Dzięki logice rozmytej, możemy modelować i przewidywać różne scenariusze ) (Caiado, R. G. i in., 2021). Logika rozmyta odgrywa kluczową rolę w nauce, szczególnie tam, gdzie mamy do czynienia z rozmytymi granicami i niepewnością (Oberländer A. M. i in. 2018). Logika rozmyta znajduje zastosowanie (Mittal, K. i in., 2020) (Hilletoft, P. i in. 2019) (Caiado, R. G. i in., 2021):

1. Modelowanie Złożonych Zjawisk: W naukach przyrodniczych i społecznych często mamy do czynienia z złożonymi zjawiskami, które nie można jednoznacznie sklasyfikować. Logika rozmyta pozwala na tworzenie modeli, które opisują te zjawiska w sposób bardziej realistyczny, uwzględniając różne stopnie przynależności do różnych kategorii.

2. Systemy Sterowania: Logika rozmyta jest szeroko wykorzystywana w automatyce i inżynierii do budowy systemów sterowania, które są bardziej odporne na zakłócenia i zmienne warunki środowiskowe. Na przykład, systemy sterowania w samochodach autonomicznych wykorzystują logikę rozmytą do podejmowania decyzji w czasie rzeczywistym.

3. Analiza Danych i Sztuczna Inteligencja: W analizie danych, zwłaszcza w przypadku dużych zbiorów danych, logika rozmyta pomaga w radzeniu sobie z niepełnymi i nieprecyzyjnymi danymi. Algorytmy oparte na logice rozmytej są używane do klasyfikacji, grupowania i wnioskowania na podstawie danych.

4. Medycyna i Diagnostyka: W medycynie logika rozmyta jest wykorzystywana do diagnozowania chorób i podejmowania decyzji terapeutycznych, zwłaszcza gdy mamy do czynienia z danymi medycznymi, które nie są jednoznaczne.

5. Ekonomia i Finanse: Logika rozmyta pomaga modelować i analizować ryzyko finansowe oraz niepewność związane z rynkami finansowymi.

W podejmowaniu decyzji, szczególnie w warunkach niepewności, logika rozmyta pozwala na uwzględnienie wielu czynników i ich wpływu na wynik decyzji. To może być kluczowe w zarządzaniu ryzykiem i podejmowaniu decyzji strategicznych.

Powyżej przedstawione sposoby reprezentowania niepewności w sposób matematyczny, dają duże możliwości reprezentowania danych, których nie znamy lub nie jesteśmy pewni w badanym obiekcie (Chryssolouris G., 2013). W przypadku procesu produkcji, do reprezentowania niepewności, związanej np. z czasami realizacji operacji najlepszy jest rozkład prawdopodobieństwa, który można wyliczyć z danych historycznych, np. dla podobnych projektów realizowanych w przeszłości (Durbach I. N. i Stewart T. J., 2011). I. N.

Durbach i T. J. Stewart wskazali, że miarami niepewności w odniesieniu do procesu podejmowania decyzji mogą być (Durbach I. N. i Stewart T. J., 2011):

- Prawdopodobieństwo – wielowymiarowy rozkład prawdopodobieństwa, rządzi wspólnie przystosowaniem wyników poprzez wszystkie alternatywy i atrybuty. W tym podejściu dla każdej alternatywy  $a_i$ ,  $Z_{ij}$  jest widziane jako zmienna losowa powiązana z (i- wymiarowym) wielowymiarowym rozkładem prawdopodobieństwa;
- Wagi decyzji – badania empiryczne wskazują, że wiele osób ocenia niepewne wyniki poprzez czynniki, które nie są liniowo związane z prawdopodobieństwem;
- Sprecyzowane miary ryzyka – próbują uchwycić wpływ niepewności na preferencje poprzez zestawienie jednego lub niewielkiej liczby środków. W efekcie niepewne środki mogą być rozłożone na komponenty, „wartość” i „ryzyko”, gdzie „wartość” najczęściej przedstawia się jako wartość oczekiwaną lub inną centralną miarę;
- Liczby rozmyte – stosowane są najczęściej do modelowania niedokładności, ale można je też zastosować do zewnętrznej niepewności. W tym przypadku interwał oceny niepewności traktowany jest za pomocą liczb rozmytych;
- Scenariusze – są to niekompletne opisy tego jak przyszłość może się rozwinąć, co pozwala na zrozumienie problemu i pokazuje możliwe kierunki akcji.

Literatura przedmiotu wskazuje wiele źródeł niepewności w procesach (Dolgui A. i Proth J. i in. 2010) (Groover M. P., 2008) (Khurana A., 1999) (André S. i in. 2017). Tabela 1.2 przedstawia determinanty niepewności z perspektywy zarządzania projektami (Saunders F. C. i in., 2015). Jako, że badany proces przetwarza jednostkowe projekty można uznać, że wszystkie wskazane czynniki mogą wystąpić podczas pracy złożonego procesu, a więc można je uwzględnić podczas działania złożonych procesów.

Tabela 1.2 Determinanty niepewności w procesie zarządzania projektami (źródło: Saunders F. C. i in., 2015)

Perspektywa	Determinanty lub źródło niepewności w literaturze
Środowisko	Turbulencje w środowisku Konkurencyjne i sprzeczne oczekiwania interesariuszy Zagrożenia konkurencją, i ryzykiem rynku Normy instytucjonalne i procesy decyzyjne
Złożoność	Funkcjonalne wymagania produktu Wybór technologii Różnorodność podmiotów oraz interesariuszy Złożoność projektu, sprzężenia zwrotne i właściwości systemu
Informacje	Niekompletna i niedokładna informacja Brak wiedzy lub zrozumienia Niekompletne zrozumienie przyczyn i skutków



	Niezdolność do dokładnego oszacowania
Czasowe	Cykl życia projektu
	Tempo projektu i harmonogram
	Turbulencje w projekcie

Ostatnią istotną cechą systemów złożonych jest złożoność informacyjna (Kuhn M. i Franke J., 2021). Oznacza ona, że proces badania funkcjonowania systemu złożonego, w którym występują czynniki przypadkowe, wymaga dokładnej informacji dotyczącej samych czynników oraz danych o ich charakterystykach ilościowych (Buslenko N. P. i in., 1979). Implikuje to zauważalną trudność w badaniu takich obiektów. W literaturze przedmiotu wskazywana jest ważność monitorowania procesów złożonych oraz to, że monitorowanie procesu pozwala lepiej zrozumieć jego warianty i jego stan obecny (Woodall W. H. i Montgomery D.C., 2014). Działanie procesów złożonych jest zazwyczaj monitorowane przez wiele zmiennych, często są to zmienne jakościowe (Irani Z. i in., 2018). Jedną z najpopularniejszych metod do monitorowania procesów złożonych jest SPC (Statistical Process Control) (Madanhire I. i Mbohwa, C., 2016). Metoda ta jest popularna w przemyśle (Gaikwad L. M. i in., 2019). Wielu autorów podkreśla, że stabilność procesów powinna być sprawdzana przy każdym badaniu zdolności procesu, oraz że monitorowanie procesu przed i po jego działaniu pozwala obliczać efekty zmian (Buslenko N. P. i in., 1979). Można więc przyjąć, że wszystkie systemy złożone działają w warunkach wielu czynników losowych (Irani Z. i in., 2018), dlatego też wyniki ich badania mają taki sam charakter (Woodall W. H. i Montgomery D.C., 2014). Powoduje to duże problemy z uzyskiwaniem wiedzy na temat działania procesów złożonych (Dolgui A. i Proth J. i in. 2010). Możliwym źródłem wiedzy o charakterystykach systemów złożonych, a szczególnie ich elementów, pozostają jedynie obserwacje rzeczywistych systemów w trakcie ich funkcjonowania (Buslenko N. P. i in., 1979).

Kolejnym istotnym aspektem badanego obiektu, jest wynikająca z rozwoju gospodarczego ewolucja wymagań klientów (Zhang L. L. i in., 2020). W wielu badaniach wykazano, że klienci wybierają produkty lub usługi wykonywane na zamówienie (Boysen N. i in., 2008), gdzie cechy produktu są silnie spersonalizowane np. samochód zamawiany w salonie ma określone indywidualne wyposażenie np. kolor tapicerki, karoserii etc. (Candelo, 2019, Wang J. i in., 2017). W przypadku procesów przetwarzających spersonalizowane projekty, każdy projekt może różnić się od innego w znaczący sposób (Ankenman B. E. i in., 2011). Na przykład tworzenie strony sklepu internetowego na zamówienia klienta za każdym razem jest spersonalizowanym projektem i czas przetwarzania

takiego projektu (od momentu rozpoczęcia, czyli wejścia zamówienia do wyjścia, czyli gotowej witryny) może się różnić, przez co przypomina proces produkcji jednostkowej (Tao F. i in., 2002). Przykładem produkcji jednostkowej mogą też być np. budowa statków lub domów.

Każdy proces przetwarzający spersonalizowane projekty w warunkach niepewności, musi mieć jednoznacznie określony typ projektów jakie jest w stanie przetworzyć w określonym czasie (André S. i in. 2017). Dodatkowo, dekompozycja takiego procesu ukazuje konieczność zdefiniowania poszczególnych zadań, jakie mogą zostać zrealizowane przy posiadanych zasobach (Boysen N. i in., 2008). Perspektywa ta wymaga również identyfikacji i definicji poszczególnych podprocesów, wykonujących zadania proste (Cheng Y. i in., 2019). Pod pojęciem zadania prostego w tej pracy rozumie się zadanie określające tylko jedną czynność (Russell A. i Taghipour, S., 2019) np. wiercenie w przypadku procesów obróbkowych.

Jako cechy charakterystyczne obiektu badań można przyjąć cechy produkcji jednostkowej, ukierunkowane na wytwarzanie pojedynczych wyrobów, na zamówienie indywidualnego i określonego odbiorcy (Watkins K. E. i Kim K., 2018). Cechą produkcji jednostkowej jest jej wysoki poziom złożoności (Tiamaz Y. i Souissi N., 2018) (Fink K. i in., 2020). Należy przy tym zaznaczyć, że przy produkcji różnych wariantów wyrobów oraz przystosowywaniu produktów pod konkretne zamówienia klientów występuje konieczność posiadania wysoce wykwalifikowanej kadry (Lohmann M. i in., 2019). Wielu badaczy utożsamia to z pojęciem kapitału ludzkiego w procesie produkcji (Dadashnejad A. A. i Valmohammadi, C., 2019) (Lu Y. i in., 2020).

Modelowanie spersonalizowanych projektów jest zagadnieniem złożonym (Irani Z. i in., 2018). Mapowanie procesów i ich optymalizacja wymagają uwzględnienia zarówno wielu perspektyw jak i luk informacyjnych (Tao F. i in., 2002). Często niemożliwe jest stworzenie schematów postępowania w każdym podprocesie (Lu Y. i in., 2020). K. E. Watkins i K. Kim wskazują, że nieopłacalne jest tworzenie standardów dla każdego pojedynczego produktu, bo koszty przygotowania dokumentacji i standardu dla jednostkowych projektów mogłyby wielokrotnie zwiększać cenę (Watkins K. E. i Kim K., 2018). Przetwarzanie spersonalizowanych projektów wymaga aby w procesie produkcji mobilizowane były wszystkie zasoby przedsiębiorstwa do realizacji jednego projektu na dość długi okres, zakładając jednocześnie ich elastyczność (Brzeziński M., 2002). Duża elastyczność zasobów ma tutaj znaczenie kluczowe pozwalając spełniać oczekiwania klientów i tworzyć warianty produktów o silnie charakterze spersonalizowanym (Kumari A. i in. 2018). Ze strony ekonomicznej proces wytwórczy projektów spersonalizowanych cechuje się wysokim

kosztem jednostkowym (Walters D., 2002) (Boysen N. i in., 2008). Wysokie koszty wynikają z faktu, że w procesie produkcji zamówienia komponentów i prefabrykatów nie mogą być realizowane dużymi partiami (które powodują znaczną redukcję ceny) (Tiamaz Y. i Souissi N., 2018) wymagając indywidualnego podejścia do praktycznie każdego komponentu procesu (Oberländer A. M. i in. 2018).

Ukazane cechy procesu złożonego przetwarzającego spersonalizowane projekty nie wyczerpują jednak wszystkich naukowych perspektyw jego opisu. Kolejny aspekt obiektu badań, wskazywany jako istotny w literaturze przedmiaru, to określenie sposobu zarządzania (Brzeziński M., 2002) (Davenport T. H., 1993) (Dolgui A. i Proth J. i in. 2010). Zarządzanie procesami może odbywać się na trzech poziomach (Mehrjerdi Y. Z., 2009):

- Strategicznym;
- Taktycznym;
- Operacyjnym.

#### **1.4 Wspomaganie informatyczne procesów produkcji**

Analizując najniższy poziom – zarządzania operacyjnego, należy wskazać, że jego elementem składowym jest sterowanie produkcją, czyli działalność obejmująca planowanie, kontrolę i regulację przepływu materiału w sferze produkcyjnej (Kang K. i Subramaniam, V., 2018). Pierwsza z czynności, planowanie, może odbywać się w dwóch podstawowych wariantach (Chryssolouris G., 2013):

- Bez zastosowania wspomaganie informatycznego;
- Z zastosowaniem wspomaganie informatycznego.

Drugi wariant jest zdecydowanie dominujący (Rossi i in. 2017). Wielu badaczy wskazuje, że w procesie zarządzania niezbędne staje się szybkie przetwarzanie danych i informacji (Reid R. D., 2019). Przyjmuje ono postać dedykowanych systemów informatycznych oraz specjalistycznych metod przetwarzania danych (Lohmann M. i in., 2019). W przypadku zastosowania wspomaganie informatycznego wykorzystywana jest głównie metoda MRP (ang. Material Requirements Planning), będąca częścią współcześnie funkcjonujących systemów klasy ERP (ang. Enterprise Resource Planning), (Jacobs F. R., 2007). Posłużenie się tą metodą pozwala na precyzyjne wyznaczenie wielkości zapotrzebowania oraz dostosowanie terminów uruchomienia, a także zakończenia produkcji poszczególnych wyrobów (Rossi T. i in., 2017).

W dzisiejszym erze globalnej konkurencji i dynamicznych zmian rynkowych, przedsiębiorstwa nieustannie poszukują skutecznych narzędzi, które pomogą im

zoptymalizować swoje operacje, zwiększyć efektywność produkcji oraz zminimalizować koszty (Powell, D., 2013). Jednymi z kluczowych rozwiązań w tym kontekście są systemy MRP (Material Requirements Planning) i ERP (Enterprise Resource Planning) (Akyurt, İ. i in., 2020) (Erkayman, B., 2019). Te kompleksowe systemy informatyczne, które łączą w sobie planowanie materiałowe, zarządzanie produkcją oraz całościowe zarządzanie zasobami firmy, stały się nieodzownym elementem sukcesu w wielu branżach (Buzacott, J. i in. 1994). Systemy MRP znacząco wpłynęły na sposoby zarządzania zapasami i produkcją (Akyurt, İ. i in., 2020). Zamiast polegać na intuicji, firmy mogły teraz opierać swoje decyzje na precyzyjnych obliczeniach. Dzięki temu unikano nadmiernego składowania zapasów, co prowadziło do obniżenia kosztów (Powell, D., 2013).

Historia Systemów MRP i ERP jest historią ciągłego rozwoju (Dadashnejad A. A. i Valmohammadi, C., 2019), dostosowywania się do zmieniających się potrzeb i wyzwań biznesowych (Erkayman, B., 2019). Początkowo, systemy MRP były oparte na prostych kalkulacjach matematycznych i były stosunkowo ograniczone w zakresie funkcji (Powell, D., 2013). Jednak rozwój technologii informatycznych i komputerowych znacząco zmienił ten obraz (Dolgui A. i in., 2019). W miarę jak technologia się rozwijała, systemy te stały się coraz bardziej zaawansowane. Pojawiły się bardziej zaawansowane technologie baz danych, systemy operacyjne i możliwość integracji z innymi systemami (Akyurt İ i in., 2020). Geneza Systemu MRP, który stanowi fundament wielu współczesnych rozwiązań zarządzania produkcją, sięga lat 60. XX wieku (Ioannou, G. i in., 2012). Pierwotnie MRP koncentrowało się na planowaniu materiałowym, czyli na tym, jakie materiały są potrzebne do produkcji danego produktu, w jakich ilościach i w jakim czasie (Chryssolouris G., 2013). W miarę jak firmy zyskiwały doświadczenie w korzystaniu z MRP, pojawiła się potrzeba bardziej zaawansowanych narzędzi zarządzania produkcją. W rezultacie pojawiło się MRP II, czyli druga generacja systemów MRP (Akyurt İ i in., 2020). MRP II nie tylko uwzględniało planowanie materiałowe, ale także rozszerzało zakres zarządzania na inne kluczowe obszary. MRP II wprowadzało do gry pojęcie zarządzania zasobami produkcyjnymi (Manufacturing Resource Planning - MRP II) (Buzacott, J. i in. 1994). To oznaczało, że firmy mogły teraz kontrolować i planować nie tylko materiały, ale także zdolności produkcyjne, prace w toku i inne zasoby niezbędne do produkcji (Oberländer A. M. i in. 2018). Systemy MRP II oferowały bardziej zaawansowane funkcje, takie jak zarządzanie harmonogramami produkcyjnymi, integrację z systemami księgowymi i lepszą obsługę procesów produkcyjnych. To pozwoliło firmom jeszcze szerzej zoptymalizować swoje operacje (Kumari A. i in. 2018). W latach 90. XX wieku pojawiła się kolejna rewolucja w zarządzaniu

przedsiębiorstwem w postaci systemów ERP (Erkayman, B., 2019). Geneza tych systemów wynikała z potrzeby jeszcze głębszej integracji różnych obszarów działalności firmy. Systemy ERP, które miały wpływ na niemal każdy aspekt funkcjonowania firmy, były odpowiedzią na problem niespójności i nieefektywności w zarządzaniu różnymi procesami (Ioannou, G. i in., 2012). Dzięki nim przedsiębiorstwa mogły zintegrować zarządzanie finansami, produkcją, sprzedażą, logistyką, zasobami ludzkimi i wieloma innymi obszarami (Buzacott, J. i in. 1994). Systemy ERP pozwoliły na jednolite zarządzanie danymi, które mogły być używane przez różne działy organizacji. Wprowadzenie systemu ERP stało się ważnym narzędziem w dążeniu do lepszej efektywności, poprawy kontroli i zwiększenia konkurencyjności na rynku (Erkayman, B., 2019). Jak wskazują D. Powell, İ Akyurt i in. oraz J. A. Buzacott i J. G. Shanthikumar, systemy klasy MRP można sklasyfikować następująco (Powell, D., 2013) (Akyurt İ i in., 2020) (Buzacott J. A. i Shanthikumar, J. G. 1994):

- MRP I: To pierwsza generacja systemów MRP, która koncentrowała się głównie na planowaniu materiałowym i obliczaniu potrzeb materiałowych. Była to odpowiedź na potrzebę kontrolowania zapasów i unikania nadmiernego składowania.
- MRP II: Kolejny krok w rozwoju MRP, obejmujący zarządzanie zasobami produkcyjnymi. Systemy MRP II rozszerzały zakres zarządzania na produkcję, harmonogramowanie produkcji i inne aspekty operacyjne.
- ERP z modułem MRP: Współczesne systemy ERP często zawierają moduł MRP, który obejmuje planowanie materiałowe. Jest to krok w kierunku pełnej integracji zarządzania zasobami w jednym systemie.
- ERP dla produkcji: Te systemy są skoncentrowane na zarządzaniu procesem produkcji i operacjami. Obejmują zarządzanie produkcją, kontrolę jakości, logistykę i inne obszary związane z produkcją.
- ERP ogólnego przeznaczenia: To systemy, które oferują kompleksowe rozwiązania dla firm w różnych branżach. Obejmują zarządzanie finansami, zasobami ludzkimi, sprzedażą, marketingiem i wiele innych obszarów. Są bardziej uniwersalne i mogą być dostosowane do różnych potrzeb.
- Cloud ERP: W miarę jak technologia chmurowa stała się coraz bardziej popularna, wiele firm przeniosło swoje systemy ERP do chmury. Cloud ERP oferuje elastyczność, skalowalność i dostępność z dowolnego miejsca, co jest szczególnie atrakcyjne dla firm operujących globalnie.

Systemy MRP oferują szereg kluczowych funkcji, które pomagają firmom w zarządzaniu produkcją i materiałami. Do najważniejszych z nich należą (Buzacott J. A. i Shanthikumar, J. G. 1994) (Erkayman, B., 2019) (Dołgui A. i in., 2019):

- Obliczanie potrzeb materiałowych: Systemy MRP dokładnie obliczają, jakie materiały są potrzebne do produkcji danego produktu, uwzględniając ilości, terminy i dostępność.
- Harmonogramowanie produkcji: MRP umożliwia tworzenie precyzyjnych harmonogramów produkcji, co pozwala na efektywne wykorzystanie zdolności produkcyjnych.
- Zarządzanie zapasami: Systemy MRP kontrolują stan zapasów i automatycznie generują zamówienia na potrzebne materiały, aby uniknąć braków lub nadmiaru.
- Monitorowanie stanu produkcji: MRP pozwala na śledzenie postępu produkcji, co umożliwia szybką reakcję na ewentualne problemy.
- Minimalizacja kosztów magazynowania: Dzięki dokładnemu planowaniu materiałowemu, firmy mogą unikać nadmiernego przechowywania materiałów, co prowadzi do redukcji kosztów magazynowania.

Systemy ERP posiadają znacznie szerszy zakres funkcjonalny, co pozwala na kompleksowe zarządzanie wszystkimi aspektami działalności firmy. I tak podstawowe funkcje systemów ERP stanowią (Powell, D., 2013) (Akyurt, İ. i in., 2020):

- Zarządzanie finansami: Obejmuje zarządzanie budżetem, księgowość, kontrolę kosztów i raportowanie finansowe. Dzięki temu firmy mogą skrupulatnie śledzić swoje finanse i dostosowywać strategię biznesowe.
- Zarządzanie zasobami ludzkimi: Systemy ERP pozwalają na zarządzanie pracownikami, procesem rekrutacji, szkoleniami, wynagrodzeniami i korzyściami. To kluczowy element efektywnego zarządzania personelem.
- Zarządzanie relacjami z klientami (CRM): CRM w systemach ERP umożliwia firmom śledzenie i zarządzanie relacjami z klientami. To pomaga w budowaniu trwałych i opartych na zaufaniu relacji z klientami oraz w efektywnym prowadzeniu działań marketingowych.
- Zarządzanie łańcuchem dostaw: Systemy ERP integrują łańcuch dostaw firmy, co umożliwia lepszą kontrolę nad procesami od dostawców po klientów.
- Zarządzanie jakością: Dzięki modułom zarządzania jakością w systemach ERP, firmy mogą monitorować i doskonalić jakość produktów oraz procesów produkcyjnych.
- Analiza danych biznesowych: Systemy ERP oferują narzędzia do zbierania, analizy i raportowania danych biznesowych. To pomaga firmom w podejmowaniu lepiej

poinformowanych decyzji i dostosowywaniu się do zmieniających się warunków rynkowych.

Systemy MRP i ERP miały ogromny wpływ na proces produkcji w przedsiębiorstwach. Dzięki lepszemu planowaniu materiałowemu, zarządzaniu zasobami i harmonogramowaniu produkcji firmy mogą produkować bardziej efektywnie (Dadashnejad A. A. i Valmohammadi, C., 2019). To przekłada się na zwiększenie wydajności, redukcję czasu przestoju i minimalizację kosztów produkcji. Zoptymalizowany proces produkcji to klucz do osiągnięcia konkurencyjności na rynku (Kuhn M. i Franke J., 2021). Firmy, które mogą dostarczać produkty szybciej i w bardziej efektywny sposób, mają przewagę nad konkurencją (Kumari A. i in. 2018). Kontrola nad zapasami oraz minimalizacja kosztów magazynowania to kolejne pozytywne aspekty płynące z MRP i ERP (Akyurt, İ. i in., 2020). Firmy mogą unikać nadmiernych zapasów, które obciążają koszty operacyjne (Erkayman, B., 2019).

Systemy ERP integrują różne obszary działalności przedsiębiorstwa (Buzacott J. A. i Shanthikumar, J. G. 1994) (Erkayman, B., 2019). Integracja ta ułatwia komunikację między działami i umożliwia bardziej efektywne zarządzanie (Dolgui A. i in., 2019). Na przykład, jeśli dział sprzedaży podejmuje zobowiązania wobec klientów, dział produkcji automatycznie dostaje informacje o planowanych zamówieniach, co pozwala lepiej przygotować się do produkcji. Dodatkowo, systemy MRP i ERP dostarczają danych biznesowych w czasie rzeczywistym (Lohmann M. i in., 2019). Dzięki temu firmy mogą śledzić swoje operacje, analizować wyniki i podejmować lepiej poinformowane decyzje (Akyurt, İ. i in., 2020). To kluczowy element podejmowania strategicznych wyborów biznesowych. Przykładem może być śledzenie sprzedaży w czasie rzeczywistym. Firma może monitorować, które produkty cieszą się największą popularnością i dostosowywać swoją produkcję i strategię marketingową odpowiednio. Ostatecznie, firmy, które efektywnie wykorzystują MRP i ERP, zyskują przewagę konkurencyjną. Mogą dostosowywać się szybciej do zmian na rynku, reagować na nowe trendy i optymalizować swoje działania. Odpowiednie zarządzanie produkcją i zasobami to klucz do utrzymania konkurencyjności w dzisiejszym globalnym środowisku biznesowym (Erkayman, B., 2019).

Jak ukazano informatyczne systemy wspomagania produkcji mogą wspierać zarządzanie procesem produkcji w szerszym zakresie niż tylko planowanie (Buzacott J. A. i Shanthikumar, J. G. 1994) (Irani Z. i in., 2018). Podsumowując, zarządzanie procesami złożonymi przetwarzającymi spersonalizowane projekty w warunkach niepewności obejmuje

perspektywę operacyjną. Aspekty poddane analizie w dysertacji winne obejmować pryzmat wspomagania informatycznego oraz wspomagania procesów decyzyjnych. Co zaś tyczy się aspektu niepewności, w obiekcie badań zidentyfikowano dwa źródła niepewności. Będzie to czas wykonywania zadań oraz wejściowy wektor danych obejmujący wchodzące do procesu projekty. Do reprezentowania niepewności związanej z czasami przetwarzania zadań będących częścią projektów oraz do opisu projektów, zostanie wykorzystane prawdopodobieństwo. Należy jednak pamiętać, że do badania procesu funkcjonowania każdego systemu złożonego z uwzględnieniem czynników losowych, niezbędna jest dostatecznie dokładna informacja dotycząca źródeł oddziaływań przypadkowych oraz dysponowanie pewnymi danymi o ich charakterystykach ilościowych (Li N. i in., 2017) (Lohmann M. i in., 2019).

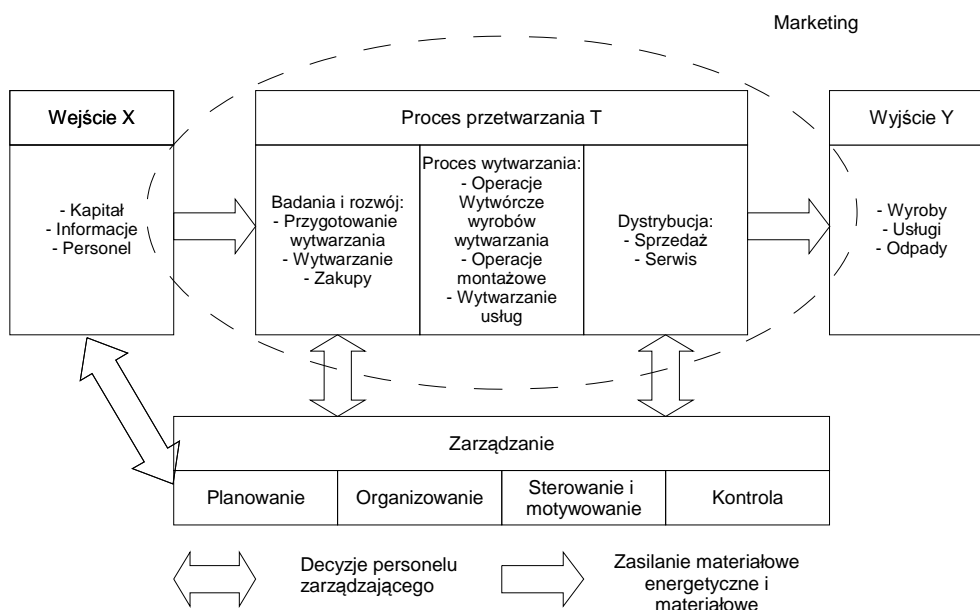
## **1.5 Uogólnienie doświadczeń metodycznych w zakresie modelowania procesów złożonych**

Aby rozpocząć badania nad procesem produkcji jednostkowej konieczne jest zbudowanie modelu takiego systemu. Modelowanie jest jedną z podstawowych dróg badań naukowych, szczególnie w sytuacji, gdy praca na rzeczywistym procesie jest zbyt kosztowna i często niemożliwa (Lu Y. i in., 2020). Zadaniem realnych procesów produkcyjnych jest wytwarzanie, które zapewnia zyski, dlatego z ekonomicznego punktu widzenia, w celu określenia parametrów systemu oraz dobrego planowania, należy korzystać z modelu (Carlisle K. i Gruby, R. L., 2019). Sam model można zdefiniować jako: zbiór założeń, pojęć i zależności między nimi, pozwalający opisać (zamodelować) w przybliżony sposób jakiś aspekt rzeczywistości (Kuhn M. i Franke J., 2021). Należy pamiętać, że model ujmuje tylko część rzeczywistości (Jacobs F. R., 2007). Będąc jej uproszczeniem jest pozbawiony wielu szczegółów i cech nieistotnych z punktu widzenia celów modelowania (Rossi T. i in., 2017). Celem budowy modeli systemów może być (Krupa K., 2008):

- opis i wyjaśnienie mechanizmu działania systemu (systemy produkcyjne, biologiczne, informatyczne);
- przewidywanie zachowania się systemów w przyszłości i przy różnorodnych warunkach działania otoczenia na system (systemy ekonomiczne, produkcyjne);
- wybór właściwych oddziaływań wejściowych, spełniających określone warunki (systemy sterowania);
- wybór struktury lub parametrów systemu, spełniającego określone zadania (wszelkie systemy techniczne).



Należy wskazać, że zbudowany model powinien odzwierciedlać te cechy rzeczywistości, które mają wpływ na badane aspekty funkcjonowania systemu (Lu Y. i in., 2020). Jak wspomniano wcześniej model, jest uproszczonym odzwierciedleniem obiektu rzeczywistego, w tym przypadku systemu produkcyjnego (Krupa K., 2008). Sam proces budowy modelu nazywany jest modelowaniem, i proces ten definiowany jest jako tworzenie modeli układów rzeczywistych, gdzie uwzględniana jest potrzebna dokładność oraz dopuszczalny koszt modelowania (Tarnowski W., 2004). Rysunek 1.2 przedstawia graficzny model typowego systemu produkcyjnego:



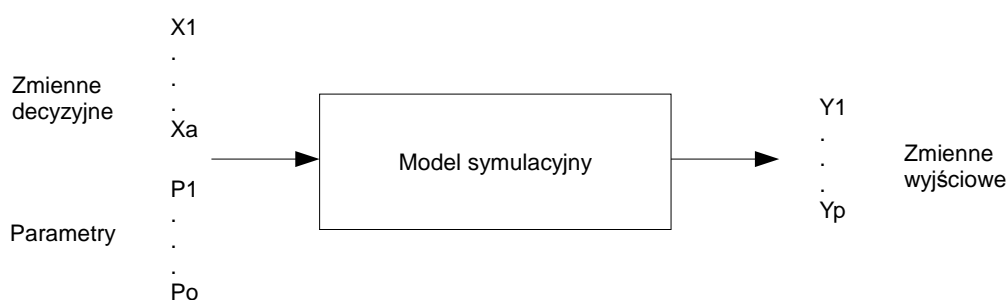
Rysunek 1.2 Graficzny model systemu produkcyjnego (źródło: Durlik I., 1995)

Należy wskazać na występujące ograniczenia w modelowaniu analitycznym złożonych systemów (Tiamaz Y. i Souissi N., 2018). (Fink K. i in., 2020).. Wśród nich wskazane w literaturze to (Wang Q. i Chatwin C. R., 2005):

- problemy z losowością w elementach nieliniowych;
- losowość zmieniająca się wraz z upływem czasu;
- brak dokładności wyników.

Znając oczekiwania względem docelowego modelu, zdecydowano o wykorzystaniu komputerowego modelowania i symulacji. W tym celu odwzorowaniem obiektu badań będzie model symulacyjny. Zadaniem modelu symulacyjnego jest odwzorowanie rzeczywistości którą reprezentuje (Kuhn M. i Franke J., 2021). Na rysunku 1.3 przedstawiono przykład modelu symulacyjnego zaprezentowany przez (Evans G. W., i in., 1991), gdzie podobnie jak w zwykłym modelu systemu produkcji, mamy do czynienia z wejściem i wyjściem. Model

ten dobrze pokazuje jak wykorzystać symulację komputerową do rozwiązania zadania zarządzania złożonym systemem produkcyjnym. Jak można zauważyć model symulacyjny składa się z samego modelu, oraz zmiennych decyzyjnych  $X$ , parametrów  $P$  oraz zmiennych wyjściowych  $Y$ . W porównaniu do zadania w niniejszej pracy, jako zmienne decyzyjne określono parametry sterujące modelem, których wartość jest zmieniana w celu uzyskania jak najlepszych wartości parametrów  $Y$ , które są kryteriami oceny procesu. Parametry  $P$ , są to zaś niezależne od użytkowników ustawienia procesu, zewnętrzne zakłócenia lub sam strumień zamówień. Na rysunku 1.3 przedstawiono model symulacyjny procesu.



Rysunek 1.3 Wejście i wyjście w modelu symulacyjnym (Evans G. W., i in., 1991)

Symulacja to skuteczne narzędzie badawcze służące do modelowania złożonych systemów, w których występują złożone relacje pomiędzy różnymi podmiotami, zasobami i zdarzeniami (Liang X. i in., 2021). Jest ona dziś nieodłącznym elementem eksperymentów (Liang X. i in., 2021). W literaturze występuje określenie, że symulacja udaje rzeczywistość (Di Vaio A. i in., 2020). Najczęściej używanym narzędziem jest symulacja komputerowa, gdyż jest ona relatywnie tania w użyciu i daje duże możliwości (Cinelli M. i in., 2022). Warto wskazać, że wykorzystanie modelu symulacyjnego pozwala przeprowadzać wiele eksperymentów za pomocą raz zbudowanego modelu (Lohmann M. i in., 2019).

Symulacja jest narzędziem badawczym, które pozwala w odpowiedni sposób przedstawić proces złożony oraz pozwala bez integracji w rzeczywisty system, zbadać wpływ wartości parametrów sterujących na miary wydajności procesu (Oberkampff W. L. i in., 1999). Ważną cechą symulacji jest to, że pozwala na zbadanie działania systemu na drodze doświadczalnej (obliczeniowej) bez konieczności budowy modelu fizycznego (Rossi T. i in., 2017). Komputerowe modelowanie i symulacja pozwalają odzwierciedlić złożone struktury, przykładowo dynamiczne zachowanie się systemu produkcyjnego, uwzględniając w pełni jego stochastyczność (Wang Q. i Chatwin C. R., 2005). Dlatego do budowy modelu procesu produkcji jednostkowej zostanie wykorzystana dyskretna symulacja komputerowa

pozwalająca, w wystarczający do rozwiązania problemu sposób, odzwierciedlić działanie takiego systemu (Wang Q. i Chatwin C. R., 2005).

Aby zbudować model symulacyjny, niezbędne jest wykorzystanie oprogramowania symulacyjnego, umożliwiającego wykonanie dyskretnej symulacji zdarzeniowej. Istnieje wiele aplikacji do symulacji, pozwalających na dyskretną symulację komputerową badanego procesu. Dyskretna symulacja komputerowa zostało wykorzystane między innymi do symulacji systemu produkcji poligraficznej (Korytkowski P. i in., 2013). Autorzy w literaturze jako cechy symulacji przedstawiają niżej wymienione aspekty:

- Komputerowe modelowanie i symulacja pozwala odzwierciedlić złożone, dynamiczne i stochastycznie uwarunkowane systemy (procesy) (Wang Q. i Chatwin C. R., 2005);
- Modelowanie symulacyjne jako narzędzie ewaluacji złożonych systemów stochastycznych ułatwia możliwość uzyskania szacunkowych pomiarów efektywności w ramach danej konfiguracji systemu (Scott L. R. i Harmonosky C.M., 2005);
- Symulacja pomaga oceniać zachowanie linii produkcyjnej (McMullen P. i Tarasewich, P., 2003);
- Odpowiednio zbudowany model symulacyjny umożliwia zbadanie działania systemu na drodze doświadczalnej (obliczeniowej) bez konieczności budowy modelu fizycznego (Rossi T. i in., 2017);
- Problem doboru parametrów decyzyjnych wymaga wnioskowania z jak najlepiej odwzorowanego modelu (Oberkampf W. L. i in., 1999).

Literatura szeroko opisuje algorytmy heurystyczne i optymalizację modeli symulacyjnych różnych procesów (Altiok T. i in., 2002). Sam proces tworzenia modelu symulacyjnego nazywany jest modelowaniem symulacyjnym (Lohmann M. i in., 2019). Modelowanie symulacyjne jest to tworzenie za pomocą komputera modeli systemów rzeczywistych. Zatem jest to odtwarzanie działania systemu na podstawie jego modelu matematycznego oraz badanie zmiennych wpływów otoczenia (zmiennie wejściowe) i wewnętrznych właściwości systemu (parametry modelu) na charakterystyki systemu (Klempka R., 2004).

Modelowanie symulacyjne to bardzo złożona czynność, dlatego należy przestrzegać wskazanych w literaturze głównych kroków postępowania, pozwalających uzyskać zadowalający efekt. Poniżej przedstawiono kroki wyszczególnione przez (Altiok T. i in., 2002):

1. Analiza problemu i zbieranie informacji – zbieranie informacji o strukturze badanego problemu, identyfikacja danych wejściowych i miar wydajności, relacje pomiędzy parametrami a wartościami, następnie te informacje przedstawiane są na

np. na logicznym schemacie przepływu, drzewie hierarchii lub innym dogodnym sposobem reprezentacji.

2. Zbieranie danych – etap ten jest potrzebny, aby określić parametry wejściowe, analityk może sformułować założenia dotyczące rozkładów zmiennych lub gdy brak danych można spróbować je wyznaczyć, etap ten pozwala również walidować model, czyli sprawdzać odpowiedzi modelu względem rzeczywistości.
3. Konstruowanie modelu – kiedy problem jest dostatecznie zbadany, budowany jest model symulacyjny (program komputerowy).
4. Weryfikacja modelu – etap ten służy upewnieniu się, że model jest wykonany prawidłowo, weryfikacja odbywa się przeważnie poprzez porównanie modelu symulacyjnego (programu komputerowego) wraz ze specyfikacją, niezgodności są uzgadniane i poprawiane w modelu bądź specyfikacji.
5. Walidacja modelu – etap ten polega na badaniu dopasowania modelu do danych empirycznych (z rzeczywistego modelu), dobre dopasowanie oznacza, że zespół wskaźników przewidywanych przez model pasuje lub zgadza się racjonalnie z odpowiednikami z rzeczywistego systemu, jeżeli są znaczące różnice oznacza to, że proponowany model jest niewystarczający do celów projektowych i należy przejść poprzednie etapy jeszcze raz.
6. Projektowanie i prowadzenie eksperymentów symulacyjnych – po walidacji modelu, następuje etap projektowania eksperymentów symulacyjnych w celu oszacowania, dopasowania modelu oraz rozwiązania problemów projektowych. Określane są scenariusze, które w celu zwiększenia wiarygodności są replikowane (działa kilka razy, z różnymi liczbami losowymi), a wyniki uśredniane w celu ograniczenia zmienności statystycznej.
7. Analiza danych wyjściowych – wyniki poddawane są logicznej i statystycznej analizie, typowym problemem jest identyfikacja najlepszego projektu wśród pewnej liczby konkurencyjnych alternatyw.
8. Końcowe rekomendacje – jest to formułowanie końcowych wniosków na podstawie analizy danych wyjściowych dla badanego problemu, zazwyczaj jest to pisemny raport.

Przedstawione powyżej etapy modelowania symulacyjnego, pokazują jak należy budować model i przeprowadzać badania takiego modelu. Podstawowe informacje na temat modelu przedstawić należy w postaci założeń, które następnie trzeba uwzględnić przy budowie

modelu (Carlisle K. i Gruby, R. L., 2019). Podstawowymi założeniami wynikającymi z potrzeb badań symulacyjnych jest określenie trzech podstawowych wartości dla samej symulacji. Według (Gregory R. i in., 2012) są to:

- Okres przedbiegu – jest to okres „rozgrzewania się” systemu, wynika to z wpływu okresu kiedy proces znajduje się w rozruchu na statystyki, statystyki z tego okresu. są odrzucane, określany najczęściej eksperymentalnie, poprzez określenie momentu kiedy statystyki zaczynają być stabilne;
- Długość replikacji – głównym powodem określenia długości pojedynczej replikacji jest stabilizacja badanych statystyk, w praktyce jest wybierany okres czasu działania modelu symulacyjnego, i zbierane są statystyki od czasu po przedbiegu, aż do zakończenia;
- Ilość replikacji czyli ilość niezależnych powtórzeń, dla modelu symulacyjnego. Replikacja jest to pojedyncze wykonanie symulacji w określonym czasie. Symulacja składa się z wielu replikacji, gdyż tylko w ten sposób można dostać wiarygodne wyniki, jeśli w modelu występuje jakiś czynnik losowy, który w każdej replikacji będzie przyjmował różne wartości. W praktyce wyniki z poszczególnych replikacji, są uśredniane.

Podsumowując, model symulacyjny zostanie wykorzystany do przedstawienia procesu produkcji jednostkowej, jako metoda pozwalająca w dobry sposób odzwierciedlić tak złożony proces. Pozwoli on bez wykorzystania realnego systemu produkcji na wykonanie niezbędnych obliczeń w celu znalezienia optymalnych nastaw parametrów decyzyjnych (sterujących) w realnym procesie, przy uwzględnieniu parametrów tego systemu oraz poprzez optymalizację kryteriów wybranych przez użytkowników. Ponadto symulacja jest wskazywana jako efektywne narzędzie badawcze, często używane w fazie projektowania systemów produkcyjnych (Kozmiński A. K., 1976). Pozwala na porównywanie różnych alternatywnych wariantów systemu (Gregory R. i in., 2012). A więc, poprzez porównywanie różnych alternatyw systemu możliwe będzie znalezienie optymalnego nastawienia układu, który pozwoli procesowi osiągać określone wartości miar przystosowania.

## **1.6 Formalizacja obiektu badań**

W dziedzinie nauk społecznych, proces badawczy często wymaga opracowania modeli, teorii i hipotez, które pozwalają lepiej zrozumieć i opisać złożone zjawiska oraz relacje zachodzące w rzeczywistości (Chryssolouris G., 2013). Jednym z kluczowych narzędzi, które

naukowcy wykorzystują w tym celu, jest formalizacja (Irani Z. i in., 2018) (Tao F. i in., 2002). Formalizacja odnosi się do procesu przekształcania informacji i konceptów dotyczących rzeczywistości w język matematyczny lub symboliczny, który umożliwia precyzyjne analizy, wnioskowanie i modelowanie (Hudzynski, O. i in, 2019). W ramach tego procesu, naukowcy tworzą formalne modele, które opierają się na abstrakcyjnych strukturach, takich jak teoria mnogości, co pozwala na bardziej systematyczne podejście do badania zjawisk i tworzenia teorii (Oberländer A. M. i in. 2018).

Formalizacja modelu jest kluczowym etapem w badaniach naukowych, ponieważ umożliwia naukowcom przekształcenie złożonych koncepcji i relacji między zmiennymi w formę, która może być matematycznie analizowana (Babenko, V., 2019). To oznacza, że naukowcy tworzą formalne struktury, takie jak równania, reguły, definicje i axiomy, które opisują istotne aspekty badanych zjawisk (Hudzynski, O. i in, 2019). W wyniku tego procesu, złożone zależności stają się bardziej klarowne, a możliwe staje się analizowanie konsekwencji danego modelu oraz wnioskowanie na podstawie precyzyjnych założeń (Pesch, R i in., 2021).

Rola formalizacji modelu w nauce jest niezwykle istotna (Babenko, V., 2019) (Caiado, R. G. i in., 2021). Oprócz tego, że umożliwia ona badanie złożonych zjawisk w sposób bardziej uporządkowany, ma również wiele innych korzyści. Jedną z nich jest możliwość weryfikacji i testowania modelu za pomocą metod matematycznych oraz eksperymentalnych (Babenko, V., 2019). Formalny model daje naukowcom możliwość przewidywania wyników eksperymentów, porównywania ich z rzeczywistymi obserwacjami oraz weryfikacji, czy model poprawnie odzwierciedla rzeczywistość (Hilletoft, P. i in. 2019).

Głównym celem formalizacji jest osiągnięcie wyższego poziomu precyzji i jasności w analizie i modelowaniu zjawisk (Hilletoft, P. i in. 2019). Formalne modele pozwalają uniknąć niejasności wynikających z różnych interpretacji języka naturalnego oraz precyzyjnie określić zakres i założenia badania (Hudzynski, O. i in, 2019). Dodatkowo, formalizacja pomaga w identyfikowaniu ewentualnych luk w rozumowaniu oraz wskazuje na obszary, które wymagają dalszych badań i ulepszeń (Pesch, R i in., 2021).

Teoria mnogości, będąca jednym z filarów matematyki, odgrywa kluczową rolę w procesie formalizacji w nauce (Hudzynski, O. i in, 2019). Opiera się ona na zestawie aksjomatów określających podstawowe pojęcia, takie jak zbiór, przynależność czy relacje między zbiorami (Pesch, R i in., 2021). Wykorzystując teorię mnogości, naukowcy mogą przekształcić różnorodne aspekty badanego zjawiska w obiekty matematyczne, co ułatwia analizę i wnioskowanie.

Celem badań w pracy jest zarządzanie złożonym procesem przetwarzającym spersonalizowane projekty w warunkach niepewności. Jako przykład złożonego procesu, na którego podstawie odbywa się dalsze wnioskowanie, określony został proces produkcji jednostkowej. Wynika to z faktu, że procesy produkcyjne, są zawsze częścią większego systemu, oraz występuje w nich wiele sprzężeń zwrotnych, co pozwala je sklasyfikować jako procesy złożone. Dzięki tym właściwościom, przy zapewnieniu odpowiednich warunków, proces produkcyjny może być rozumiany jako proces funkcjonowania systemu złożonego (Dadashnejad A. A. i Valmohammadi, C., 2019). Uzasadniać to można w zależności od ilości stanowisk i etapów, które musi przejść produkt w czasie kiedy jest przetwarzany.

Formalizacja, jako pojęcie, stanowi pierwszy etap budowy modelu matematycznego (Oberkampff W. L. i in., 1999) (Pesch, R i in., 2021). Formalizacja procesu złożonego pozwala dokładnie opisać zarówno sam proces jak i jego składowe (Hudzynski, O. i in., 2019). Jak wskazuje literatura w niektórych przypadkach istnieje wymóg sformalizowania procesu będącego częścią procesu decyzyjnego (Lohmann M. i in., 2019) (Jacobs F. R., 2007). W rozpatrywanym przypadku formalizacja pozwala decydom opisać proces w jednoznaczny i powtarzalny sposób (w każdym rozpatrywanym przypadku) ukazując poziom szczegółowości opisu badanego procesu.

Obiekt badań został określony jako proces złożony, który dalej będzie określany jako  $P$ , i w związku z tym, że każdy proces złożony składa się z procesów można wyznaczyć poniższy wzór (1), który wskazuje, że proces złożony  $P$  jest zbiorem procesów złożonych  $P_i$ , które to odpowiadają jednemu stanowisku w całym procesie  $P$ . Proces  $P$  w obiekcie badań przedstawia cały proces produkcji jednostkowej.

$$P = \{P_1, P_2, \dots, P_k\} \quad (1)$$

gdzie:

$P$  – zbiór wszystkich procesów,

$P_i$  – jest  $i$ -tym procesem złożonym, gdzie  $i = 1, 2, \dots, k$ ,

$k$  – ilość procesów w procesie złożonym.

Procesy produkcyjne zawsze mają swoje wejścia i wyjścia. Podstawowym wejściem dla procesu  $P$  będącego procesem produkcji jednostkowej, jest strumień zamówień będących zamówieniami bezpośrednio od klientów lub zamówieniem od działów sprzedaży na podstawie prognoz:

$$Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\} \quad (2)$$

gdzie:

$Z$  – zbiór zamówień wchodzących do procesu,

$Z_i$  – jest  $i$ -tym zamówieniem, gdzie  $i = 1, 2, \dots, l$ ,

$m$  – ilość zamówień wchodzących w proces złożony.

Proces  $P$ , musi posiadać wyjście, będące efektem realizacji procesu. Proces produkcyjny wytwarza podczas swojego działania rodzaje wyrobów gotowych, które są wynikiem realizacji procesu  $P$  i procesów wchodzących w jego skład oraz zamówień ze strumienia  $Z$ , które to definiują cechy wyrobu gotowego  $W$ :

$$W = \{W_1, W_2, \dots, W_m\} \quad (3)$$

gdzie:

$W$  – zbiór wszystkich możliwych do wytworzenia rodzajów wyrobów gotowych,

$W_i$  – jest  $i$ -tym rodzajem wyrobu gotowego, gdzie  $i = 1, 2, \dots, m$ ,

$m$  – ilość różnych wyrobów gotowych wytwarzanych przez proces.

Aby wytworzyć różne rodzaje wyrobów gotowych, należy wykonać różne zadania oznaczone jako  $o$ , które mogą się różnić w zależności od wyrobu gotowego. Zadania te są elementarne i nie występują między nimi żadne istotne sprzężenia. Dlatego w niniejszej pracy przyjęto, że zadania można łączyć w procesy złożone  $P_i$ , które odpowiadają stanowiskom roboczym:

$$O = \{o_1, o_2, \dots, o_n\} \quad (4)$$

gdzie:

$O$  – zbiór wszystkich zadań które można wykonać,

$o_i$  – jest  $i$ -tym zdaniem, gdzie  $i=1, 2, \dots, n$ ,

$n$  – ilość zadań.

Podczas zadania równoważenia należy przypisać zadania do odpowiednich procesów złożonych  $P_i$ , które składają się na proces produkcji  $P$ . Do każdego procesu może być



przypisana tylko określona liczba zadań  $o_i$ , oraz każde zadanie może być przypisane tylko raz. Zadania przypisywane są do procesów po kolei, co oznacza, że każdy proces posiada odpowiedni przedział operacji następujących po sobie. Każdy ze zbiorów operacji, zaczyna się od wartości ostatniej w poprzedzającym zbiorze powiększonej o 1. Przypisanie zostało opisane poniższym wzorem:

$$\begin{aligned} o_1, o_2, \dots, o_{x_1} &\in P_1 \\ o_{x_1+1}, o_{x_1+2}, \dots, o_{x_2} &\in P_2 \\ &\dots \\ o_{x_{(k-1)}}, o_{x_{(k-1)}+1}, \dots, o_k &\in P_k \end{aligned} \quad (5)$$

gdzie:

$$\begin{aligned} x_1 &< x_2 \\ x_{(k-1)} &\leq x_k \\ x_k &= n \end{aligned}$$

Przyjęto, że podczas wykonywania każdego z projektów możliwe jest wykonanie niezależnie każdego zadania, gdzie czas wykonania został opisany jak przedstawiono poniżej. Ilość możliwych czasów jest taka sama jak ilość możliwych zadań i wynosi  $n$ :

$$T = [t_1, t_2, \dots, t_n] \quad (6)$$

gdzie:

$T$  – zbiór czasów wszystkich zadań które można wykonać,

$t_i$  – jest czasem  $i$ - tego zadania, gdzie  $i=1, 2, \dots, n$ ,

$n$  – ilość możliwych czasów.

Badane zadanie należy rozumieć jako zadanie równoważenia procesu produkcji jednostkowej z danymi niepewnymi. Poniższa macierz przedstawia czas realizacji  $t$  każdego z zadań, gdzie  $n$  to liczba operacji jaką można maksymalnie wykonać, a  $m$  to liczba projektów, które aktualnie czekają na realizację w danym okresie planistycznym. Projekty zostały opisane za pomocą macierzy  $M$ , która pokazuje czy w danym zamówieniu występuje dana operacja:

$$M = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{m1} & b_{m2} & \dots & b_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

gdzie:

$$b_{ij} \in \{0,1\},$$

$b_{ij}$  – to wskaźnik występowania  $i$  –tej operacji w  $j$ -tym projekcie.

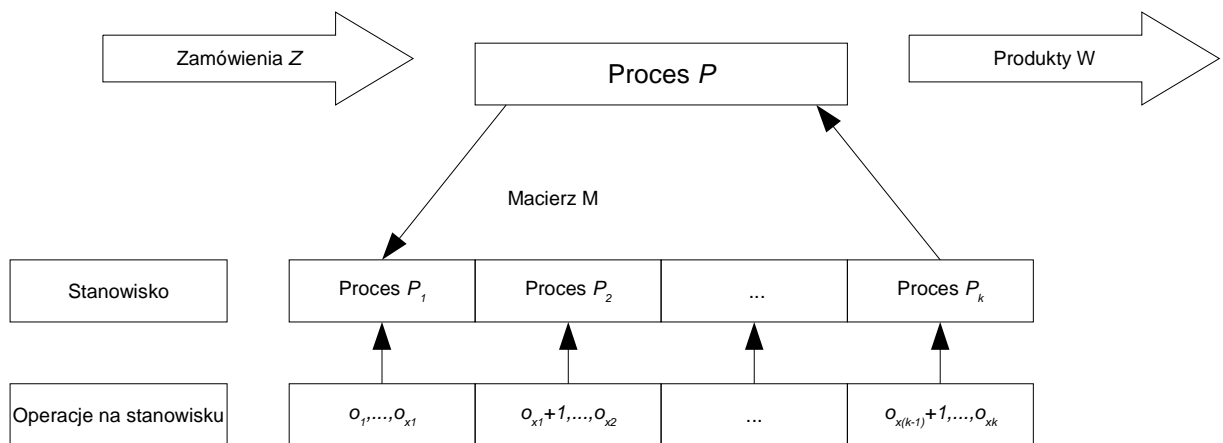
Aby obliczyć łączny czas operacji które muszą zostać wykonane w celu przetworzenia projektów w procesie, w danym okresie planistycznym, wykorzystano poniższy wzór:

$$PT_{[m]} = M_{[m \times n]} \cdot T_{[m]} \quad (8)$$

gdzie:

$PT$  – oznacza całkowity czas operacji wynikający ze zleceń.

Wykorzystanie powyższego wzoru pozwala obliczyć ile potrzeba roboczych jednostek czasu w celu wykonania wszystkich operacji przypisanych do zleceń w danym okresie. Jest to jednak wskaźnik, który pozwala tylko oszacować ten czas. Czas  $PT$  jest możliwy do osiągnięcia w idealnych warunkach, czyli takich gdzie zlecenia od razu mogą być przyjmowane na stanowisko następne. Niestety taka sytuacja nie występuje w realnym świecie. W praktyce poszczególne zamówienia oczekują, aż zwolni się stanowisko następne, jeśli proces został zakończony wcześniej lub stanowisko oczekuje na zamówienie o ile proces poprzedzający wciąż trwa. Taka sytuacja generuje straty, które wpływają na wydajność całego procesu. Idee sformalizowanego przypisania operacji do procesu produkcji złożonej została przedstawiona na rysunku 1.4.



Rysunek 1.4 Idea przypisania operacji do stanowisk (źródło: opracowanie własne)

W procesie produkcji występują liczne interakcje ze środowiskiem w którym funkcjonuje, a on sam posiada wiele zmiennych czynników i podsystemów, między którymi zachodzą

liczne związki oraz sprzężenia. Jak ukazuje literatura przedmiotu, w procesie badawczym wymaga to wykorzystania złożonych modeli matematycznych. Poprawność metodyczna realizacji badań nakazuje, by w jej pierwszym etapie dokonano formalizacji problemu (Koźmiński A. K., 1976). Przypomnieć należy, że formalizacja w nauce jest kluczowym narzędziem, które umożliwia naukowcom precyzyjne badanie, analizę i modelowanie zjawisk (Findeisen, W., 1985). Tworzenie formalnych modeli za pomocą teorii mnogości oraz innych narzędzi matematycznych pozwala na lepsze zrozumienie rzeczywistości oraz skuteczniejsze prowadzenie badań naukowych (Lisiński, M., 2016). I tak przedstawienie za pomocą aparatu matematycznego procesu złożonego funkcjonującego w warunkach niepewności, pozwala poprawnie odzwierciedlić stopień złożoności badanych zjawisk, stanowiąc niezbędną podstawę procesie i jednocześnie pierwszy etap budowy autorskiego modelu symulacyjnego.

## 2 Metody optymalizacji wielokryterialnej procesów złożonych

Analiza złożonych procesów, w tym procesów produkcji, prowadzi do problemu ich optymalizacji (Ankenman, B. E., i in, 2011), czyli określenia najlepszego (optymalnego) rozwiązania z punktu widzenia określonych kryteriów lub kryterium (Gong J. i You F., 2018). Aby mówić o optymalizacji jakiegoś procesu, należy jasno zdefiniować co chcemy optymalizować i jakimi metodami (Russell A. i Taghipour, S., 2019) (Lee J. i in., 2019). Niezdefiniowanie celów optymalizacji skutkuje brakiem efektów tego procesu (Liang X. i in. 2020). Jak chodzi o kryteria oceny procesów złożonych, stanowiących ewentualne cele optymalizacji, najważniejsze wskaźniki są wyznaczane często przez decydentów przedsiębiorstw w celu monitorowania ogólnej kondycji procesu np. produkcji (Liang X. i in. 2020). Poziom tych wskaźników również określany jest w podobny sposób (Kang K. i Subramaniam, V., 2018) i odpowiada realiom w jakim działa przedsiębiorstwo, np. nie zawsze można dostarczać wszystkie zamówienie na czas tylko ich 80%, a związane jest to z warunkami, które aktualnie panują na rynku. Zwiększanie wartości tych wskaźników często znajduje się w celach rozwoju firmy na kolejne lata (Di Vaio A. i in., 2020). Dodatkowo, warto zauważyć, że w ekonomii, produkcji, informatyce i innych dziedzinach decyzje są podejmowane na podstawie wielu kryteriów (Cinelli M. i in., 2022). Stąd, powstaje potrzeba optymalizacji wielokryterialnej (Gong J. i You F., 2018). Obiekt badań który, jest analizowany w pracy, jest procesem złożonym, przedstawionym za pomocą modelu symulacyjnego. Aby, określić wartości kryteriów konieczne jest wykonanie symulacji dla stworzonego modelu. Dzięki temu działaniu można pozyskać docelowe wartości kryteriów. Proces symulacji przebiega często w kierunku maksymalnej lub minimalnej możliwej wartości danego kryterium. Możliwe jest również poszukiwanie rozwiązania, w którym chcemy osiągnąć wartość oczekiwaną. W literaturze przedstawiono wiele metod optymalizacji (Dolgui A. i in., 2019) (Kuhn M. i Franke J., 2021). W pracy skupiono się jednak na tych, które mogą być zastosowane w badanym przypadku. Sama metoda optymalizacji pozwala osiągać wartości miar wydajności równe lub zbliżone do oczekiwań decydentów procesu (Russell A. i Taghipour, S., 2019). Podsumowując, budowa modelu optymalizacji wymaga zdefiniowania kryteriów oceny oraz odpowiedniej metody optymalizacji wielokryterialnej.

W poniższym rozdziale w punkcie pierwszym określono kryteria oceny miar wydajności złożonego procesu oraz przedstawiono stosowane w literaturze metody. W punkcie drugim

tego rozdziału, przedstawiono popularne metody optymalizacji wielokryterialnej. Rozdział kończy przybliżenie problematyki optymalizacji przy użyciu symulacji.

## 2.1 Kryterium oceny złożonego procesu

Modelowanie i optymalizacja procesu złożonego wymaga określenia kryteriów jakie będą analizowane podczas badań. Pozwala to jasno określić potrzeby użytkowników takiego procesu oraz dokonać jego optymalizacji. Należy jednak pamiętać, że podczas optymalizacji zawsze występują pewne ograniczenia. Kryteria będące miernikami przystosowania danego procesu do potrzeb, nazywa się w procesie optymalizacji funkcją kryterialną lub celu (Lu Y. i in., 2020). Funkcja kryterialna, najprościej mówiąc, jest to sposób wyznaczania oceny całego procesu (Gong J. i You F., 2018). Funkcja celu ocenia jakość możliwych rozwiązań i jest używana do wyboru najlepszego z nich (Battaia O. i Dolgui A., 2013). Szerzej, optymalizacja jest to rozwiązanie zadania, w którym zostają uwzględnione kryteria, jakie chcemy zoptymalizować oraz pewne ograniczenia wynikające z budowy danego systemu np. produkcyjnego (Russell A. i Taghipour, S., 2019). Zadanie optymalizacji w swoim ujęciu wyraża się jako problem poszukiwania ekstremum funkcji celu. Funkcja celu zawiera kryteria do optymalizacji oraz pewne ograniczenia (Stachurski A. i Wierzbicki A. P., 2001). W przypadku systemów produkcyjnych takimi ograniczeniami może być czas pracy, ilość dostępnych maszyn itp. (Tao F. i in., 2002).

W literaturze opisanych jest wiele różnych funkcji celu (Dadashnejad A. A. i sValmohammadi, C., 2019). Ich podstawowym determinantem jest typ badanego problemu (Battaia O. i Dolgui A., 2013). Można powiedzieć, że każdy optymalizowany problem może posiadać swoją funkcję celu, która odpowiada na potrzeby użytkownika. W pracy analizowany jest problem modelowania optymalizacji równoważenia linii produkcyjnej z pewnymi specyficznymi ograniczeniami. Poniżej przedstawiono stosowane w literaturze definicje funkcji celu dla procesów produkcyjnych z zadaniem równoważenia linii produkcyjnej (Battaia O. i Dolgui A., 2013)( Di Vaio A. i in., 2020):

- Minimalizacja liczby stanowisk;
- Minimalizacja czasu cyklu;
- Maksymalizacja efektywności;
- Maksymalizacja wykorzystania systemu;
- Minimalizacja indeksu gładkości;
- Minimalizacja atrybutów wektorowych stacji roboczych;
- Minimalizacja kosztów rekonfiguracji;

- Maksymalizacja spójności zadań dla jednej stacji;
- Maksymalizacja prawdopodobieństwa ukończenia zadań na czas;
- Minimalizacja lub maksymalizacja kilku funkcji, głównie kosztów.

Należy dodatkowo wskazać, że w modelu procesu produkcji jednostkowej ważne jest, aby funkcja kryterialna jak najlepiej odwzorowywała cele postawione przez użytkowników (Stachurski A. i Wierzbiński A. P., 2001). Literatura przedmiotu wskazuje kilka rodzajów budowania funkcji celu tak, aby jak najlepiej odzwierciedlała potrzeby decydentów (Di Vaio A. i in., 2020) (Liang X. i in. 2020). Poniżej przedstawiono najczęściej stosowane metody do konstruowania funkcji celu (Battaia O. i Dolgui A., 2013):

- Agregacja celów (ang. Aggregation of objectives):
  - Stałe wagi (ang. Fixed-weight method);
  - Losowe wagi (ang. Random-weight method);
  - Wagi adaptacyjne (ang. Adaptive-weight method);
- Ang. Lexicographic resolution;
- Cel i rozmyte programowanie celu (ang. Goal and fuzzy goal programming);
- Ranking Pareto (ang. Pareto-based ranking):
  - PROMETHEE II;
  - TOPSIS (ang. Total Order Preference by Similarity to the Ideal Solution);
  - Metoda DEA (ang. Data Envelopment Analysis);
- Przestrzeń Pareto (ang. Constructing Pareto front).

Po analizie proponowanych w literaturze metod konstruowania funkcji celu, zdecydowano, że do opracowanej w pracy metody zarządzania złożonymi procesami przetwarzającymi spersonalizowane projekty w warunkach niepewności, zostanie wykorzystana logika rozmyta, a dokładnie rozmyte programowanie celu, co pozwoli w łatwy sposób użytkownikom systemu określić potrzeby, poprzez zmienne jakościowe lub ilościowe.

Określanie funkcji kryterialnej jest bardzo ważnym etapem w procesie modelowania. W tym etapie precyzowane jest jakie efekty chcemy osiągnąć w wyniku optymalizacji procesu. Głównym problemem w określaniu celu jest zazwyczaj jego wielokryterialność. Jedne kryteria mogą wykluczać drugie, np. wysoka efektywność może powodować znaczne wydłużanie czasu realizacji projektu (i jego składowych procesów). Aby, możliwie najlepiej dostosować wynik do oczekiwań, w tym etapie wykorzystane zostanie rozmyte programowanie celów. Jest ono określane jako podejście, które powoduje kompromis, ponieważ rozwiązanie zapewnia zadowalający poziom przystosowania w zakresie

sprzecznych kryteriów (Yazdani M. i in., 2019). Pojęcie optimum zostało zastąpione tutaj satysfakcją decydentów (Cinelli M. i in., 2022). Model programowania celu zapewnia elastyczność w podejmowaniu decyzji w zakresie różnych alternatyw (Yazdani M. i in., 2019).

Programowania celów jest jedną z najstarszych metod w wielokryterialnym podejmowaniu decyzji (Oberkampff W. L. i in., 1999) i jest szeroko stosowaną techniką do rozwiązania wielu problemów tego typu (Charnes A. i Cooper W. W., 1961). Ogólnym założeniem programowania celów jest optymalizacja kilku sprzecznych kryteriów, precyzyjnie określonych przez decydenta, poprzez minimalizację ich odchylenia od wartości docelowych (Yazdani M. i in., 2019). Cele w tej metodzie wyrażone są za pomocą równania liniowego oraz dwóch zmiennych pomocniczych, które reprezentują osiągnięcie poniżej oczekiwań jako ujemne odchylenie od wartości oczekiwanej oraz osiągnięcie powyżej oczekiwań jako dodatnie odchylenie (Kang K. i Subramaniam, V., 2018). Niechciane odchylenie jest minimalizowane hierarchicznie (Ozcan U. i Toklu B., 2009).

Rozmyte programowanie celów obejmuje problemy decyzyjne, w których występują klasyczne ograniczenia programowania liniowego oraz więcej niż jedną funkcję celu, gdzie dla każdej poszczególnej funkcji celu, decydent podaje wartość docelową, czyli cel oraz rodzaj zadania maksymalizacji, minimalizacji lub równości (Zimmermann H. J. L., 1987). W przypadku maksymalizacji decydent będzie w pełni usatysfakcjonowany, jeśli osiągnie wartości równą lub wyższą niż cel. W przypadku minimalizacji, gdy uzyskana wartość będzie równa lub mniejsza, a w przypadku równości gdy będzie równa (Chanas S. i Kuchta D., 2002).

Przyjęto, że decydent może wybrać  $p$  celów, z czego każdy z celów posiada indeks  $k$  i jest oznaczony jako funkcja  $C_k(x)$ . Każdy z pojedynczych  $p$  celów  $C$ , zostanie opisany za pomocą liniowej funkcji przynależności (Zimmermann H. J. L., 1987), przedstawionej poniższym wzorem:

$$u_k \begin{cases} 1, & \text{jeżeli } C_p(x) \geq c_p, \\ \frac{C_p(x) - D_p}{c_p - D_p} & \text{jeżeli } D_p \leq C_p(x) \leq c_p, \\ 0 & \text{jeżeli } C_p(x) < D_p. \end{cases} \quad (9)$$

lub:

$$u_k \begin{cases} 1, & \text{jeżeli } C_p(x) \geq c_p, \\ \frac{G_p - C_p(x)}{G_p - c_p} & \text{jeżeli } c_p \leq C_p(x) \leq G_p, \\ 0 & \text{jeżeli } C_p(x) > G_p. \end{cases} \quad (10)$$

gdzie:

$p$  – ilość celów,

$k$  – indeks celu,

$C_p(x)$  - wartość funkcji kryterialnej dla  $p$  – tego celu,

$c_p$  - poziom aspiracji, czyli oczekiwana wartość  $p$  - tego celu,

$D_p$  - dolny poziom tolerancji wartości funkcji celu,

$G_p$  - górny poziom tolerancji wartości funkcji celu.

Górny lub dolny poziom tolerancji wybierany jest w zależności od kryterium jakie jest optymalizowane, jeżeli jest to minimalizacja wartości to wybierane jest górne poziom tolerancji, jeżeli zaś maksymalizacja wartości to wybierany jest dolny poziom tolerancji. W tym wypadku następuje maksymalizacja wyrażenia:

$$\text{Maksymalizacja} \quad f(\mu) = \sum_{k=1}^p \mu_k \quad (11)$$

gdzie:

$k$  – indeks celu,

$p$  – ilość celów,

$\mu_k$  – wartość celu  $k$ .

W literaturze został zaproponowany model wykorzystujący wagi dla poszczególnych kryteriów (Tiwari R. i in., 1987), w celu elastycznego przypisywania priorytetów dla poszczególnych celów. W takim przypadku wagi muszą spełniać kryterium wg wzoru:

$$\text{Maksymalizacja} \quad f(\mu) = \sum_{k=1}^p w_k \mu_k \quad (12)$$

$$\sum_{k=1}^p w_k = 1 \quad (13)$$

gdzie:

$k$  – indeks celu,



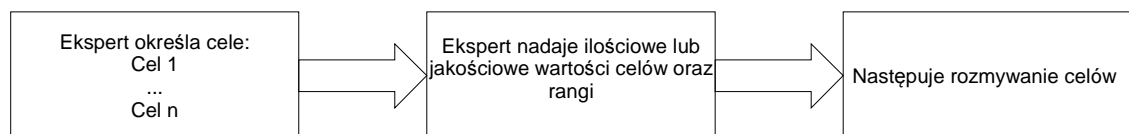
$p$  – ilość celów,

$\mu_k$  – wartość funkcji przynależności celu  $k$ ,

$w_k$  - wartość wagi dla celu  $k$ .

Etap tworzenia funkcji kryterialnej jest jednym z najważniejszych w całej metodzie. Pozwala ona określić czy optymalizowane wartości spełniają nasze oczekiwania i czy znalezione rozwiązanie jest lepsze od poprzedniego. W poniższej metodzie określona funkcja celu musi spełniać kryteria użytkownika oraz pozwolić zamienić otrzymane z symulacji komputerowej dyskretne dane liczbowe na dane jakościowe, które będą łatwo zrozumiałe dla użytkownika. Na tym etapie najlepiej wykorzystać wiedzę eksperta na temat badanego procesu złożonego (Russell A. i Taghipour, S., 2019) (Lee J. i in., 2019).

Wykorzystanie rozmytego programowania celów, jak wspomniano wcześniej, pozwala uzyskać kompromis pomiędzy sprzecznymi kryteriami oraz pozwala przekształcić wyniki numeryczne na jakościowe zrozumiałe nawet dla niezaawansowanego użytkownika. Rysunek 2.1 przedstawia idee użycia tego podejścia.



Rysunek 2.1 Rozmyte programowanie celów (źródło: opracowanie własne)

Pierwszy etap to określenie celów (kryteriów) jakie chcemy osiągnąć podczas modelowania procesu złożonego, przetwarzającego spersonalizowane projekty z niepewnością. Zostały wybrane 2 podstawowe kryteria, stosowane najczęściej w literaturze, dotyczące optymalizacji systemów produkcji oraz balansowania linii produkcyjnych są to:

- Minimalizacja czasu przejścia;
- Maksymalizacja efektywności.

Celem tworzonej na tym etapie funkcji kryterialnej jest wyrażenie jakości przystosowania badanego systemu produkcyjnego do oczekiwań decydentów. Dzięki zastosowaniu rozmytego programowania celów możliwe jest, aby wyniki działania modelu symulacyjnego przedstawiono jako kryterium jakościowe zrozumiałe dla większej ilości użytkowników.

## 2.2 Metody optymalizacji wielokryterialnej

Jak wskazano we wstępie w pracy zostanie wykorzystana optymalizacja wielokryterialna. Jednym z podstawowych podziałów metod optymalizacji jest podział ze względu na ilość kryteriów, które są optymalizowane (Cinelli M. i in., 2022). W zależności od złożoności problemu i potrzeb stosuje się więc optymalizację jednokryterialną lub wielokryterialną (Dadashnejad A. A. i Valmohammadi, C., 2019). Samo zadanie optymalizacji w swoim nowoczesnym ujęciu wyraża się jako problem poszukiwania ekstremum funkcji celu (Gong J. i You F., 2018). Funkcja celu zawiera kryteria do optymalizacji oraz pewne ograniczenia (Stachurski A. i Wierzbicki A. P., 2001). Najczęściej, problemy te przedstawia się w postaci zadania minimalizacji  $\min_{x \in X} K(X)$ , gdzie  $K(X)$  jest funkcją celu, zaś  $X$  jest zbiorem rozwiązań dopuszczalnych, określonym przez zestaw warunków ograniczających (Smutnicki C., 2002).

Przy optymalizacji jednokryterialnej funkcja celu składa się z jednego kryterium, które jest optymalizowane (Di Vaio A. i in., 2020). Problem jednokryterialny można przedstawić jako zadanie minimalizacji funkcji  $f(x) : D \rightarrow R^+$  gdzie należy znaleźć taką wartość  $x' \in D$ , że dla każdego  $x \in D \setminus \{x'\}$  zachodzi:

$$f(x') < f(x) \quad (14)$$

gdzie:

$x$  - wektor zmiennych decyzyjnych,

$D$  – zbiór rozwiązań dopuszczalnych.

Zaś w przypadku optymalizacji wielokryterialnej, najlepsze rozwiązanie musi być akceptowalne z punktu widzenia każdego kryterium. Dla problemu minimalizacji wektora funkcyjnego problem można zdefiniować jako znalezienie takiej wartości  $x' \in D$ , że dla każdego  $x \in D \setminus \{x'\}$  zachodzi:

$$f(x') < f(x) \quad (15)$$

gdzie:

$x$  - wektor  $p$  parametrów sterujących (zmiennych decyzyjnych)  $x = \{x_1, x_2, \dots, x_p\}$

$f_i(x)$  –  $i$ -ta funkcja celu  $i \in \{1, \dots, n\}$ ,

$D$  – zbiór rozwiązań dopuszczalnych.

Podójście wielokryterialne jest bardzo popularne w obecnych czasach (Baumann M. i in., 2019). Jest ono stosowane we wszystkich dziedzinach, zaczynając od zarządzania (Murcia N. N. i in., 2022) poprzez ekonomię (Carayannis E. G. i in., 2018), a kończąc na informatyce (Cinelli M. i in., 2022). Jedną z wad optymalizacji wielokryterialnej jest to, że niestety nie możliwe jest znalezienie idealnego rozwiązania, które wyznaczy optymalne wartości dla wszystkich kryteriów (Russell A. i Taghipour, S., 2019). Związane jest to z ograniczeniami wartości kryteriów lub zjawiskiem przeciwstawności kryteriów, które wzajemnie się wykluczają, czyli np. minimalizacja jednego powoduje wzrost innego (Gong J. i You F., 2018). Możliwe rozwiązania problemu optymalizacji dzieli się na zdominowane oraz niezdominowane – pareto optymalne (Zitzler E. i in. 2004). Rozwiązanie  $x$  jest zdominowane, jeśli istnieje dopuszczalne rozwiązanie  $y$  nie gorsze od  $x$ , tzn. dla każdej funkcji celu  $f_i(x)$ :

$$f_i(y) \leq f_j(x) \text{ dla } i \in \{1, \dots, n\} \quad (16)$$

Jeżeli powyższa nierówność nie jest spełniona, to mamy do czynienia z rozwiązaniem niezdominowanym, tzn. gdy nie jest możliwe znalezienie rozwiązania lepszego z uwagi na co najmniej jedno kryterium bez pogorszenia pozostałych (Russell A. i Taghipour, S., 2019).

Optymalizacja wielokryterialna jest naturalnym rozszerzeniem optymalizacji jednokryterialnej (Russell A. i Taghipour, S., 2019). Jeżeli optymalizowane funkcje nie są współmierne lub ze sobą konkurują, wtedy minimalizacja jednej funkcji celu, wymaga kompromisu z inną funkcją celu (Yazdani M. i in., 2019). Wynika z tego, że problem optymalizacji wielokryterialnej ma zazwyczaj zbiór rozwiązań Pareto-optymalnych zamiast jednego optymalnego rozwiązania (Russell A. i Taghipour, S., 2019), dlatego cel takiej optymalizacji jest inny niż w jednokryterialnej. Celem takiej optymalizacji jest znalezienie wielu rozwiązań Pareto-optymalnych lub bliskich Pareto-optymalnym (Azzabi L. i in., 2014).

Modelowany do celów zarządzania obiekt badań, jest optymalizowany w celu osiągnięcia zadanych miar wydajności. To z kolei wymaga wykorzystania metod optymalizacji, aby doprowadzić do uzyskania oczekiwanych wartości tych kryteriów (Yazdani M. i in., 2019). Metody optymalizacji pozwalają przeszukiwać przestrzeń dopuszczalnych rozwiązań i maksymalizować lub minimalizować poszczególne kryteria (Carayannis E. G. i in., 2018). Analizowany model procesu złożonego przetwarzającego spersonalizowane projekty w warunkach niepewności w związku ze swoją złożonością, wymaga zastosowania metod optymalizacji wielokryterialnej, które uwzględnią wszystkie wskazane przez decydentów

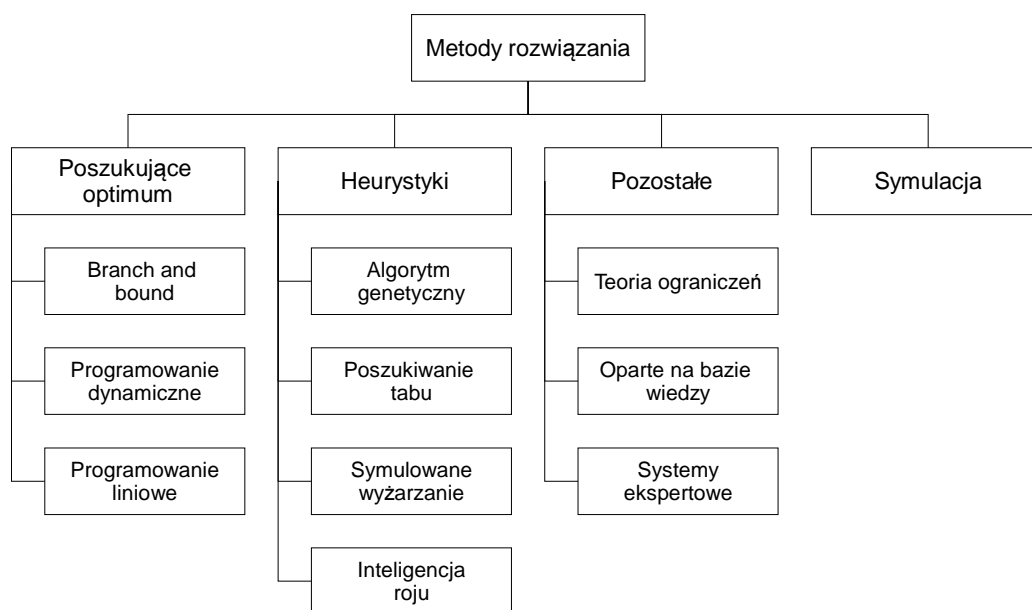
kryteria, stanowiące jednocześnie miary wydajności (Murcia N. N. i in., 2022). W literaturze opisanych jest wiele metod stosowanych do optymalizacji wielokryterialnej. Poniżej przedstawiono najpopularniejsze stosowane we współczesnej nauce (Deb K., 2008):

- Metody ważonych kryteriów – polegają one na sprowadzeniu problemu optymalizacji wielokryterialnej do skalarnego problemu jednowymiarowego, gdzie funkcja celu jest sumą poszczególnych funkcji celu z wagami  $F(x) = \sum_{i=1}^k w_i f_i(x)$ , gdzie  $k$  to ilość kryteriów,  $x$  – wektor rozwiązań, a  $w$ - waga poszczególnego kryterium. Tak sformułowaną funkcję celu optymalizuje się standardowymi metodami optymalizacji jednokryterialnej;
- Metody optymalizacji hierarchicznej – polegające na sprowadzeniu problemu optymalizacji wielokryterialnej do problemu optymalizacji jednowymiarowej, kolejno wykonywanej względem wszystkich kryteriów, od najważniejszego do najmniej ważnego;
- Metody ograniczonych kryteriów – polegające na określeniu przedziałów wartości, jakie mogą przyjmować poszczególne kryteria, co zwiększa ilość ograniczeń, następnie optymalizuje się względem jednego kryterium;
- Metody kryterium globalnego – polegające na poszukiwaniu rozwiązania przybliżonego  $F(X^*)$ , w celu sformułowania do optymalizacji jednokryterialnej;
- Metody funkcji odległości – polegające na poszukiwaniu rozwiązania przybliżonego  $F(X^*)$ , a następnie na optymalizacji funkcji;
- Metody programowania celów – polegające na traktowaniu kryteriów jako celów które należy osiągnąć lub jako wartości progowych których wartości kryteriów nie mogą przekroczyć;
- Heurystyczne metody optymalizacji – polegające na przeszukiwaniu przestrzeni, przy użyciu zmiennych losowych, nie dają gwarancji znalezienia rozwiązania optymalnego, jednak metody te są popularne gdy przestrzenie poszukiwań są bardzo duże;
- Ewolucyjne metody optymalizacji – polegające na przeszukiwaniu przestrzeni potencjalnych rozwiązań, za pomocą mechanizmów ewolucji oraz doboru naturalnego. Metody te zaliczają się do heurystycznych metod optymalizacji.

Przedstawione powyżej metody, oprócz metod heurystycznych, są klasycznymi metodami optymalizacji wielokryterialnej, gdzie zazwyczaj optymalizowany problem sprowadza się do problemu optymalizacji jednokryterialnej. Metody te służą do poszukiwania optymalnego

rozwiązania opisanego za pomocą jednej zmiennej, która jest funkcją celu (Russell A. i Taghipour, S., 2019) (Lee J. i in., 2019). Wykazano, że w przypadku złożonych procesów lepiej niż metody klasyczne, spisują się metody heurystyczne (Gong J. i You F., 2018) (Di Vaio A. i in., 2020), które pozwalają w ograniczonym czasie uzyskać zadowalające wyniki. Duża zmienność wyników i nieznane zależności pomiędzy poszczególnymi kryteriami procesu, powodują, że ważniejsze jest uzyskanie wyniku pozwalającego szybko uzyskać poprawę, niż optymalnego wyniku (Kang K. i Subramaniam, V., 2018). Nie bez znaczenia pozostaje również fakt, że obliczenia w takich modelach cechuje duża wymiarowość i złożoność (Cinelli M. i in., 2022).

Jak wskazano wcześniej analizowany problem zbliżony jest do problemu równoważenia linii produkcyjnej. Poniżej na rysunku 2.2 przedstawiono najczęściej stosowane metody rozwiązania zadania optymalizacji, stosowane przy równoważenia linii produkcyjnej. Jak ukazuje rysunek przy tego typu zadaniach szeroko stosowane są heurystyki. Literatura przedmiotu potwierdza ten fakt wskazując jednocześnie, że powodem popularności tych metod są ich właściwości (Di Vaio A. i in., 2020) (Liang X. i in. 2020).



Rysunek 2.2 Metody rozwiązania optymalizacji w równoważenia linii produkcyjnej (źródło: opracowanie własne)

Poniższa tabela 2.1 przedstawia zastosowane w literaturze przykładowe kryteria optymalizacji w procesie modelowania równoważenia linii produkcyjnej. W tabeli przedstawiono szczegółowo własności kryteriów wraz z optymalizowanymi parametrami, obiektem badań oraz zastosowaną metodą. Dane zawarte w tabeli jak też literatura przedmiotu

ukazują, że popularnymi kryteriami w przypadku systemów produkcji są stosowane w praktyce wskaźniki takie jak czas przejścia, wydajność lub określone przez autorów funkcje kosztów (Kang K. i Subramaniam, V., 2018) (Russell A. i Taghipour, S., 2019) (Lee J. i in., 2019).

Tabela 2.1 Zestawienie kryteriów optymalizacji (źródło: opracowanie własne)

autor	Parametry sterujące	Kryterium optymalizacji	Badany obiekt	Metoda	Uwagi
Fontanili, Vincent(2000)	inter-release time (IRTi)	Minimalizacja czasu przejścia	assembly line with bypass workstations	GA i symulacja	Chaotyczny wynik( nie równe odstepy pomiędzy zwalnianiem)
Entriken, Vössner(1997)	Czas obsługi na trzech stanowiskach procesu	Maksymalizacja wydajności produkcji	Realna linia produkcyjna płytek drukowanych	GA i symulacja	Uzyskali znaczną poprawę, szybsze działanie GA niż skanowania całej przestrzeni
Paul R. J. i Chaney T. S., (1998)	Ilość wagonów, dźwigów, pieców, wielkość wagonów	Ilość odpadów, przekształcona w funkcje kosztu Total_monthly_cost=Investment_cost+Waste_monthly_cost	Uproszczona huta	GA i symulacja	Poprawa o 20 % względem ustawień pierwotnych
Marseguerra M., Zio E., Podofilini L., (2004)	Optymalna alokacja części zamiennych	Maksymalizacja zysków i minimalizacja ilości części zamiennych. Funkcja kryterialna	System wieloproduktowy	MC ,GA i symulacja	Funkcja celu : Zyski – koszty materiału- koszty części zamiennych – koszty opóźnień
Law A.M., & McComas M.G. (2002)	Wielkości bufora(3 bufory) I ilość maszyn na stanowisku(4 stanowiska)	$f = (\$200 \cdot \text{throughput}) - (\$25,000 \cdot \text{machines}) - (\$1000 \cdot n_{\text{positions}})$	System produkcji	Pakiety optymalizacyjne OptQuest, WITNESS	81000 kombinacji, bufor 1-10 ilość maszyn 1-3

Dodatkowo, jak przedstawia tabela 2.1 popularne jest stosowanie symulacji i algorytmów heurystycznych w celu optymalizacji procesów produkcji. Kryteria oraz parametry, za pomocą których optymalizuje się procesy są różne. Na podstawie analizy literaturowej stwierdzono, że metody losowego przeszukiwania przestrzeni możliwych rozwiązań są skuteczniejsze w rozwiązywaniu dużych problemów decyzyjnych od algorytmów dokładnych (Zabinsky Z. B., 2009) (Di Vaio A. i in., 2020) (Liang X. i in. 2020).

Rozważany problem doboru parametrów (zmiennych) decyzyjnych obejmuje zarówno parametry jakościowe, jak również i ilościowe. Metody przybliżone nie gwarantują optymalności, ale zazwyczaj są zdolne osiągać dobre realne rezultaty w akceptowalnym czasie obliczeń (Battaia O. i Dolgui A., 2013). Podsumowując w opracowanej metodzie zdecydowano o wykorzystaniu heurystycznej metody optymalizacji przy użyciu symulacji komputerowej.

### 2.3 Optymalizacja przy użyciu symulacji komputerowej

Ostatnim krokiem jest połączenie modelowania, wielokryterialnej funkcji celu z algorytmem optymalizującym. W literaturze połączenie modelu symulacyjnego z metodą optymalizacyjną nosi nazwę optymalizacji przez symulację (Liang X. i in., 2021). Wykorzystanie symulacji komputerowej do optymalizacji systemu produkcyjnego umożliwia

dobrze opisanie problemów związanych z systemami produkcji, które są na tyle złożone, że opisanie zachodzących w nich zależności modelem matematycznym jest zadaniem praktycznie niemożliwym (Russell A. i Taghipour, S., 2019). Stąd wybór symulacji jako narzędzia do imitacji pracy takiego modelu, gdyż daje to możliwość analizy wpływu poszczególnych parametrów, których wartości są zmiennymi podczas procesu optymalizacji (Gong J. i You F., 2018). Ważne cechy symulacji wskazane przez (Banks J. i in., 2001) to możliwość badania systemów produkcji bez ingerencji w realny system produkcji oraz możliwość kompresji czasu w zależności od potrzeb. Cechą charakterystyczną złożonego systemu produkcyjnego jest jego wieloproduktowość, która powoduje różne czasy cyklu na stanowiskach dla różnych typów produktu oraz różne sekwencje przejść produktów przez linie (Lu Y. i in., 2020).

Analiza symulacyjna pozwala na optymalizację złożonych systemów poprzez wybór wielu kryteriów (Kang K. i Subramaniam, V., 2018). W literaturze istnieje wiele publikacji na temat optymalizacji najróżniejszych systemów przy użyciu symulacji (Di Vaio A. i in., 2020) (Liang X. i in., 2021) (April J. i in., 2003). Najprościej zadanie optymalizacji przy użyciu symulacji można opisać jako proces sprawdzania różnych kombinacji wartości zmiennych decyzyjnych, które dadzą najbardziej pożądaną wartość wyjścia z modelu symulacyjnego (Liang X. i in., 2021). Dlatego zadanie optymalizacji w praktyce oznacza połączenie metody optymalizacji i modelu symulacyjnego, takie aby ustalić właściwe ustawienia niektórych parametrów wejściowych symulowanego systemu (Russell A. i Taghipour, S., 2019). Problem zazwyczaj jest formułowany jako maksymalizacja bądź minimalizacja, oczekiwanej wartości funkcji celu systemu. Zawiera on zazwyczaj trzy podstawowe komponenty optymalizacji (Di Vaio A. i in., 2020):

- Zmienne decyzyjne;
- Funkcja celu;
- Ograniczenia.

W projektowaniu eksperymentów parametry wejściowe i założenia konstrukcyjne w modelach symulacyjnych nazywane są czynnikami, zaś wyjściowe miary przystosowania nazywane są odpowiedziami (Di Vaio A. i in., 2020). W zadaniu optymalizacji czynniki nazywamy zmiennymi decyzyjnymi, a odpowiedzi służą do określania funkcji celu i ograniczeń (Cinelli M. i in., 2022). W przypadku, gdy celem eksperymentu jest znalezienie czynnika, który ma największy wpływ na odpowiedź, optymalizacja poszukuje poziomów czynników, które dają największą albo najmniejszą wartość (April J. i in., 2003).

Jako główny cel optymalizacji przez symulację przyjęto takie zasymulowanie sekwencji konfiguracji systemu, że konfiguracja systemu, który zostanie ostatecznie pobrana zapewni optymalne lub bliskie optymalnemu rozwiązanie. Każda konfiguracja odpowiada poszczególnym ustawieniom zmiennych decyzyjnych (czynników). W pracy (Law A. M. i McComas M. G., 2002) problem ten przedstawił następująco:

Niech  $V_1, V_2, \dots, V_k$  będą zmiennymi decyzyjnymi (czynniki ilościowe) dla modelu symulacyjnego. Niech  $f(v_1, v_2, \dots, v_k)$  będzie losową zmienną wyjściową odpowiadającą zestawowi wartości  $V_1 = v_1, V_2 = v_2, \dots, V_k = v_k$ . Sam problem przyjmuje postać:

$$\max E[f(v_1, v_2, \dots, v_k)] \quad (17)$$

$$l_i \leq v_i \leq u_i \quad (18)$$

Z ograniczeniami:

$$\begin{aligned} a_{11}v_1 + a_{12}v_2 + \dots + a_{1k}v_k &\leq c_1 \\ a_{21}v_1 + a_{22}v_2 + \dots + a_{2k}v_k &\leq c_2 \\ a_{p1}v_1 + a_{p2}v_2 + \dots + a_{pk}v_k &\leq c_p \end{aligned} \quad (19)$$

Gdzie:

$E$ - funkcja celu, oznacza oczekiwaną lub średnią wartość wyjścia,

$l_i$  – dolna granica zmiennej decyzyjnej  $v_i$ ,

$u_i$  – górna granica zmiennej decyzyjnej  $v_i$ .

Sama metoda optymalizacji przez symulację pozostawia wiele otwartych dróg do rozwoju (Dadashnejad A. A. i Valmohammadi, C., 2019). R. O. Bowden i J. D. Hall w 1998 zaproponowali sześć domen, ważnych w rozwoju optymalizacji przez symulację w przyszłości co przedstawiono na rysunku 2.3 (Bowden R. O., Hall J. D., 1998).





Rysunek 2.3 Domeny optymalizacji przez symulację (źródło: Boesel J. i in., 2001)

J. Boesel i in. opisali te domeny jako jeszcze nie rozwiązane i zawierające miejsca do poprawy, a zawierający następujące składowe (Boesel J. i in., 2001):

- Interfejs – zarówno ten między optymalizatorem a użytkownikiem oraz między optymalizatorem a symulacją;
- Sformułowanie problemu – zarówno konstruowanie funkcji celu jak i ograniczeń;
- Metoda - metody służące do optymalizacji symulowanego systemu;
- Klasyfikacja – zawiera sklasyfikowanie optymalizowanego problemu w celu wybrania metody optymalizacji;
- Strategia i taktyka – w celu jak najlepszego i efektywnego wykorzystanie zasobów obliczeniowych podczas optymalizacji przez symulację;
- Inteligencja – czyli odpowiednie osadzenie rozwiązywanego problemu i wybór najlepszej techniki rozwiązania.

Poniższa praca skupia się na 4 wymienionych aspektach: odpowiednim sformułowaniu i sklasyfikowaniu zadania oraz domenie inteligencji użytej do wyboru jak najlepszej techniki rozwiązania zadania i metodzie, która zadanie będzie rozwiązane. W literaturze wskazano 4 główne podejścia w optymalizacji z użyciem symulacji (Fu M., 2002):

- aproksymacja stochastyczna (podejście bazujące na gradientach),
- sekwencyjna powierzchnia odpowiedzi (ang. sequential response surface methodology),
- poszukiwanie losowe (ang. random search),
- optymalizacja próbnej ścieżki (ang. sample path optimization).

Podsumowując: optymalizację z wykorzystaniem symulacji można zdefiniować jako iteracyjną analizę przebiegów modelu symulacyjnego z różnymi wartościami parametrów sterujących w próbie określenia systemu o najlepszej funkcji celu (najlepszych parametrach efektywności) (Boesel J. i in., 2001).

Algorytmy aproksymacji stochastycznej próbują naśladować metody gradientowe w deterministycznej optymalizacji (Gerencsér L., 1999). Metody te oszacowują gradient funkcji celu po to, aby wybrać dalszy kierunek poszukiwań (Di Vaio A. i in., 2020). Skierowane są głównie do problemów ze zmiennymi ciągłymi, jednakże mogą być również wykorzystane do problemu dyskretnego (Gerencsér L., 1999). Sekwencyjna metoda powierzchni odpowiedzi. Oparta jest na budowie meta modeli. Służy do określania strategii poszukiwania (Di Vaio A. i in., 2020) (np. kierunku). Metamodel nie pozwala zbudować powierzchni odpowiedzi w całej przestrzeni poszukiwań, dlatego koncentruje się raczej na lokalnym poszukiwaniu (Gerencsér L., 1999). Losowe poszukiwanie polega na losowaniu punktów w sąsiedztwie aktualnego rozwiązania. Jest ono stosowane głównie dla dyskretnych problemów i odwołuje się do teoretycznych dowodów zbieżności. Praktyczne wykorzystanie tej metody jest ograniczone, ponieważ ważniejsze jest znalezienie rozwiązania dobrej jakości w akceptowalnym czasie, niż gwarancja zbieżności w nieskończonej liczbie kroków. Metoda próbnej ścieżki polega na optymalizacji deterministycznej funkcji z  $n$  losowymi zmiennymi, gdzie  $n$  to wielkość próbnej ścieżki. W symulacji, metoda wspólnych losowych punktów jest używana w celu zapewnienia tej samej próbnej ścieżki, aby obliczyć odpowiedź na różne czynniki wejściowe (April J. i in., 2003).

Wykorzystanie symulacji komputerowej do zadania optymalizacji złożonych modeli, powoduje najczęściej wykorzystanie heurystycznych metod optymalizacji takich jak algorytmy ewolucyjne i inteligencji roju (Di Vaio A. i in., 2020). Najpopularniejszym algorytmem ewolucyjnym jest algorytm genetyczny (Dong G. i in., 2012). Wykorzystywany jest on w wielu dziedzinach i daje satysfakcjonujące wyniki w rozwiązaniu wielu problemów (Dolgui A. i in., 2019). Dostępna literatura zawiera wiele prac o zastosowaniu symulacji komputerowej w połączeniu z algorytmem genetycznym do optymalizacji z wykorzystaniem symulacji komputerowej (Liang X. i in., 2021) (Di Vaio A. i in., 2020) (Kim S. H. i Nelson B. L., 2006). Sam algorytm genetyczny jest narzędziem na tyle dobrym, że jest wykorzystywany nie tylko do zadań optymalizacji działania systemu, ale również w prognozowaniu np. zużycia energii (Dong G. i in., 2012) oraz problemach harmonogramowania projektów (Kim S. H. i Nelson B. L., 2006), gdzie wykorzystano algorytm genetyczny z selekcją ruletki i elitaryzmem do zadania harmonogramowania projektu w budownictwie.

W literaturze wskazano jak w praktyce można wykorzystać symulacje komputerową oraz algorytm genetyczny w celu optymalizacji działania realnego systemu produkcyjnego (Paul R. J. i Chaney T. S., 1998) (Di Vaio A. i in., 2020) (Liang X. i in. 2020). Posłużono się symulacją działania huty w zależności od takich parametrów jak liczba dźwigów, pieców oraz liczba i wielkość wagonów. Zastosowanie optymalizacji z użyciem prostego algorytmu genetycznego spowodowało, że działanie systemu stało się tańsze, a sam system nie generował odpadów (Paul R. J. i Chaney T. S., 1998). Symulację i algorytm genetyczny wykorzystano również do optymalizacji działania linii produkcyjnej płytek drukowanych. Jako parametrów, których wartość jest zmieniana, wykorzystano czas pracy na trzech stanowiskach, gdyż w ich obszarze powstawało wąskie gardło. Za kryterium optymalizacji przyjęto przepustowość systemu, która była maksymalizowana (Entriaken R. i Vossner S., 1997).

Optymalizacja systemów produkcyjnych odbywa się poprzez zmianę parametrów systemu, które mają wpływ na działanie tego systemu uwzględniając przyjęte kryterium optymalizacji. Algorytm genetyczny wykorzystano również do optymalizacji produkcji za pomocą parametrów zarządzania tym systemem. Kryterium stanowi w tym przypadku czas realizacji (Fontanili F., 2000). Kryterium może być również zysk netto, a rozważany problem to ilość części zamiennych w systemie (Marseguerra M. i in., 2004).

Popularnym parametrem badanym w systemach produkcyjnych jest wielkość bufora (Can B. i in., 2008). Jego alokacja wpływa na wydajność linii produkcyjnej oraz na koszty produkcji w toku (Can B. i in., 2008). Przechowywanie zbyt dużej ilości zapasów na linii powoduje wzrost kosztów związanych z zamrożeniem kapitału (Fontanili F., 2000). Ważne, aby optymalnie określić wartość bufora w celu zapewnienia maksymalnej wydajności systemu z możliwie najniższymi kosztami produkcji w toku. W literaturze przedmiotu rozważano problem alokacji bufora i optymalizowania go poprzez użycie algorytmu genetycznego i symulacji (Can B. i in., 2008).

Algorytm genetyczny jest opisywany w wielu pozycjach literatury, dotyczących optymalizacji i symulacji komputerowej. W pracy będącej przeglądem aplikacji i metod optymalizacji wykorzystującej symulację (Banks J., 2001) został opisany jako metoda ceniona za niezawodność w przeszukiwaniu przestrzeni zespolonych i najlepiej nadająca się do kombinatorycznych problemów. Należy zauważyć, że do zadań optymalizacji przy użyciu symulacji, wykorzystywane jest wiele odmian algorytmu genetycznego, które różnią się np. metodą krzyżowania lub mutacji (Entriaken R. i Vossner S., 1997). Wielu autorów bada różne warianty algorytmu genetycznego (Entriaken R. i Vossner S., 1997) (Fontanili F., 2000)

(Russell A. i Taghipour, S., 2019) (Lee J. i in., 2019). Przedstawiono między innymi ulepszony algorytm genetyczny stosowany do wielokryterialnej optymalizacji problemów modelowania symulacyjnego (Entriiken R. i Vossner S., 1997). Wskazano skuteczność rozproszonych algorytmów genetycznych z użyciem krzyżowania wielowymiarowego w optymalizacji funkcji ze sporą liczbę zmiennych niezależnych (Fontanili F., 2000).

Drugim algorytmem heurystycznym, często stosowanym do optymalizacji, jest algorytm mrówkowy, oparty na inteligencji roju (Dorigo M. i in., 1991). Stosowany jest on do rozwiązywania wielu problemów znanych jako NP.-trudne (Dong G. i in., 2012). Algorytm ten został z powodzeniem użyty do problemu komiwojażera (ang. Travelling Salesman Problem, TSP) (Dorigo M. i Stutzle T. 2010) (Dorigo M. i in., 1996). Algorytm był rozwijany i użyty ponownie do problemu TSP, gdzie został określony jako dający pozytywny zwrot, poprzez rozproszone obliczenia oraz korzystanie z heurystyk (Dorigo M. i in., 1996). W późniejszym okresie do potrzeb problemu komiwojażera rozwinięto sposób rozwiązania przy użyciu agentów mrówek i stworzono hybrydowy algorytm genetyczny i mrówkowy, gdzie następuje wzajemna wymiana informacji w każdej iteracji, co zwiększa szanse na osiągnięcie optimum globalnego dla problemu TSP (Dong G. i in., 2012).

Innym typem zadania, do którego wykorzystano algorytm mrówkowy, jest ang. Quadratic assignment problem (QAP) polegający na przypisaniu wszystkich urządzeń do różnych miejsc w celu minimalizacji sumy odległości pomiędzy nimi, pomnożonych przez przepływy (Maniezzo V. i Colorni A., 1999). Algorytm ten zastosowano również do ogólnego zadania kolejnościowego (ang. job-shop), gdzie określono algorytm mrówkowy jako jedną z najłatwiej adaptowalnych, bazujących na populacji heurystyce, a jej podstawowy paradygmat (aktualizacje globalnej reprezentacji poprzez wielu małych agentów) jako rzeczywiście skuteczny w różnych warunkach (Colorni A. i in., 1994). Wykorzystano również podejście, w którym zastosowano algorytm mrówkowy do harmonogramowania, wskazując, że można użyć sformułowaną teorię do opracowania wielokontekstowej metody, która pozwoli sporządzać efektywne harmonogramy (Lu M. i Romanowski R., 2012).

W literaturze analizowano również problem trasy pojazdu (ang. vehicle routing problem, VRP), gdzie jako jedną z metod rozwiązania zaproponowano algorytm mrówkowy (Bullnheimer B. i in., 1999). Uzyskano bardzo dobre wyniki (Bullnheimer B. i in., 1999). Algorytm mrówkowy zastosowano również do rozwiązania problemu sekwencjonowania i planowania systemu magazynowego, polegającego na lokowaniu maszyn i minimalizacji dystansu pokonywanego przez AVG (ang. Automated-guided vehicles) w systemie (Udhayakumar P. i Kumanan S., 2011).

Jak wskazano powyżej w literaturze opisano wiele zastosowań metod heurystycznych do rozwiązywania zadań optymalizacyjnych, zarówno tych teoretycznych (Dorigo M. i Stutzle T. 2010) (Dong G. i in., 2012) jak i praktycznych (Bullnheimer B. i in., 1999) (Udhayakumar P. i Kumanan S., 2011). W opracowywanej metodzie zostanie wykorzystany algorytm ewolucyjny, jako pozwalający uzyskać bardzo dobre wyniki w krótkim czasie. Spośród dwóch przeanalizowanych szerzej w pracy algorytmów wybrany został algorytm mrówkowy, którego metoda działania jest łatwiejsza do implementacji w badanym problemie, a czas dla poszczególnych zasobów można porównać do długości ścieżki pomiędzy kolejnymi węzłami w problemie TSP, przez co jego implementacja do zadania jest intuicyjna, a przeprowadzone badania dla innych problemów wskazują na dużą elastyczność i osiągnięcie dobrych wyników. Jednocześnie algorytm ten posiada niską złożoność obliczeniową, co stanowi istotny czynnik w praktycznym wykorzystaniu modelu autorskiego.

## **2.4 Algorytm mrówkowy**

Po przeprowadzonej analizie, zdecydowano o wykorzystaniu w procesie optymalizacji algorytmu mrówkowego, należący do algorytmów wykorzystujących inteligencję roju. Poszukiwanie rozwiązania w algorytmie mrówkowym odbywa się z użyciem agentów zwanych mrówkami. Algorytm mrówkowy o nazwie „Ant System” został opublikowany przez (Dorigo M. i in., 1996) i dotyczył przykładu rozwiązania problemu komiwojażera. Zbiór mrówek nazywany jest populacją, zaś każda mrówka z populacji poszukuje rozwiązania wykorzystując podobnie jak w przyrodzie feromony, których wartość w przypadku algorytmów mrówkowych zależy od jakości rozwiązania (Dorigo M. i Gambardella L.M., 1997). Im lepsze rozwiązanie tym większa wartość feromonu i odwrotnie. Wartość feromonów zależna jest od wartości funkcji celu osiągniętej podczas poszukiwania rozwiązania. Każda mrówka z populacji podobnie jak w przyrodzie przebywa drogę do celu poprzez węzły, z których każdy odpowiada różnym wariantom rozwiązania i posiada różne wartości feromonów. Kolejną odmianą algorytmu mrówkowego był algorytm MMAS, czyli „Max-Min Ant System” opublikowany przez (Stützle T. i Hoos H. H., 2000), który używał tylko najlepszego rozwiązania do aktualizacji feromonów, dodatkowo używając mechanizmu do ograniczenia maksymalnej wartości pojedynczych feromonów, aby uniknąć przedwczesnej zbieżności w kierunku najlepszego rozwiązania. Inne publikacje algorytmu mrówkowego obejmują algorytm o nazwie ACS czyli „Ant Colony System”, który w celu zrównoważenia odkrywania nowych ścieżek oraz zdobytej już wiedzy wykorzystuje zasadę globalnej i lokalnej aktualizacji feromonów (Dorigo M. i Gambardella L.M., 1997). Dodatkowo

w pracy (Dorigo M. i Blumb C., 2005) dowiedziono skuteczność algorytmu MMAS w praktyce. W opracowanej metodzie wykorzystano algorytm, który zawiera rozwiązania zarówno z algorytmu ACS jak i MMAS (Korytkowski P. i in., 2013). Ogólny schemat działania algorytmu mrówkowego obejmuje następujące kroki:

- Krok 1.** Inicjalizacja wartości feromonów
- Krok 2.** Konstruowanie rozwiązań
- Krok 3.** Obliczanie wartości funkcji celu (symulacja)
- Krok 4.** Lokalna aktualizacja wartości feromonów, (powrót do kroku 2 jeżeli ilość mrówek < populacji)
- Krok 5.** Globalna aktualizacja feromonów
- Krok 6.** Warunek stopu

Kroki te zostały szczegółowo przedstawione poniżej:

### **Krok 1. Inicjalizacja wartości feromonów**

Większość stosowanych algorytmów mrówkowych ustawia początkową wartość feromonów wg przedstawionego wzoru:

$$\tau_o = \frac{1}{n \times Z} \quad (20)$$

Gdzie:

Z - wartość funkcji kryterialnej,

n - ilością możliwych ścieżek do wyboru z danego punktu.

Stosowane jest również rozwiązanie, gdzie usuwa się współczynnik n z mianownika, tak aby zapobiec przedwczesnej zbieżności. W poniższej pracy zostanie wykorzystana wartość funkcji kryterialnej wyliczona za pomocą symulacji dla ustawień, które występują w rzeczywistym systemie, co pozwoli nam porównywać uzyskane wyniki do realnego procesu:

$$\tau_o = \frac{Q}{f_i} \quad (21)$$

Gdzie:

$Q$  - to stała pozwalająca odpowiednio dopasować wartości feromonu w zależności od tego jak silny wpływ ma mieć wartość wyliczonej funkcji kryterialnej,

$f_j$  - wartość funkcji kryterialnej, obliczanej za pomocą symulacji.

## Krok 2. Konstruowanie rozwiązania

Każda indywidualna mrówka tworzy rozwiązanie poprzez iteracyjne określanie kolejnych parametrów decyzyjnych (będących węzłami) do czasu, aż utworzy kompletne rozwiązanie. Aby utworzyć rozwiązanie algorytm mrówkowy używa reguły „a state transition rule”, która jest taka sama jak w algorytmie ACS. Reguła ta nazywana jest pseudo losową regułą proporcjonalną. Reguła ta sprzyja wyborowi ścieżek z dużą ilością feromonu (Dorigo M. i Gambardella L.M., 1997). Reguła ta faworyzuje ścieżki z największą ilością feromonu poprzez losowanie wartości  $q \in [0,1]$ , którą następnie porównuje się z wartością parametru  $q_0$ , ( $0 \leq q_0 \leq 1$ ) określanego przez użytkownika podczas startowania algorytmu. Parametr ten ukazuje ważność użycia ścieżek z najlepszego rozwiązania w zestawieniu z eksploracją nowych rozwiązań. Jeżeli  $q \leq q_0$  wtedy wybierana jest ścieżka z największą wartością feromonów, w przeciwnym wypadku jest losowana z użyciem rozkładu prawdopodobieństwa otrzymanego, poprzez uproszczony model  $L$  nadający prawdopodobieństwo wylosowania jakiejś ścieżki proporcjonalnie do wartości jej feromonów, a więc kolejne węzły losowane są według wzoru:

$$l = \begin{cases} \operatorname{argmax}\{\tau_{pr}\} \\ L \end{cases}, \quad \text{if } q \leq q_0 \quad (22)$$

Gdzie:

$l$  – wybrana ścieżka,

$q$  – liczba losowa,

$q_0$  – prawdopodobieństwo wybrania ścieżki z najsilniejszą wartością feromonów,

$L$  – losowanie ścieżki z wykorzystaniem prawdopodobieństwa.

Wzór na prawdopodobieństwo wylosowania konkretnej ścieżki w danym kroku:

$$P_{pr} = \frac{\tau_{pr}}{\sum_{r=1}^k \sum_{p=1}^m \tau_{pr}} \quad (23)$$

Gdzie:

$P_{pr}$  - prawdopodobieństwo wyboru ścieżki  $pr$ ,

$\tau_{pr}$  - wartość feromonu dla danej ścieżki,

$p$  – punkt początkowy ścieżki,

$r$  – punkt końcowy ścieżki.

### Krok 3. Obliczanie funkcji celu

Ten krok w działaniu metody optymalizacyjnej polega na wyliczaniu wartości funkcji celu dla konfiguracji stworzonej przez aktualnego agenta - mrówkę. Każda z wartości danego parametru jest wybierana przez mrówkę z prawdopodobieństwem zależnym od wartości feromonu. Po dokonaniu wyboru przez mrówkę, w modelu symulacyjnym ustawiane są odpowiednie wartości parametrów sterujących. Pozwala to przeliczyć przy użyciu dyskretnej symulacji zdarzeniowej wartości poszczególnych kryteriów, które są optymalizowane. Następnie kryteria te przeliczane są do wartości funkcji kryterialnej określonej w etapie drugiej metody, czyli w tym wypadku rozmytego programowania celów. W ten sposób każda mrówka, czyli zbiór wartości parametrów sterujących posiada przypisaną wartość funkcji kryterialnej, za pomocą której można określić jakość rozwiązania względem naszych wymagań.

### Krok 4. Lokalna aktualizacja feromonów

Lokalna aktualizacja feromonów wykorzystywana jest w celu dynamicznej zmiany wartości feromonów na poszczególnych węzłach, tak aby krawędzie dające lepsze wyniki przy optymalizacji miały większą wartość feromonów. Dodatkowo każde użycie krawędzi powoduje, że jest ona mniej pożądana w kolejnych przejściach agentów-mrówek, co powoduje, że mrówki lepiej wykorzystują informację zawartą w wartości feromonów. Bez lokalnej aktualizacji istnieje duże ryzyko, że mrówki wyszukiwałyby w najbliższym sąsiedztwie najlepszych rozwiązań. Do lokalnej aktualizacji wykorzystywany jest poniższy wzór (Udhayakumar P. i Kumanan S., 2011):

$$\tau_{pr} = (1 - \rho) \cdot \tau_{pr} + \rho \cdot \tau_0 \quad (24)$$



gdzie:

$p$  - indeks stacji roboczej,  $p \in \{1, \dots, k\}$ ,

$r$  - indeks operacji,  $r \in \{1, \dots, m\}$ ,

$\tau_0$  - początkowa wartość feromonów,

$\rho$  - wartość współczynnika odparowywania feromonów.

### Krok 5. Globalna aktualizacja feromonów

Celem globalnej aktualizacji feromonów jest zwiększenie wartości dla feromonów, które posiadają lepszą wartość funkcji przystosowania, a więc dają lepsze rozwiązanie. Wartość feromonów liczona jest według wzoru:

$$\tau_{pr} = (1 - \rho) \cdot \tau_{pr} + \Delta\tau_{pr} \quad (25)$$

$$\Delta\tau_{pr} = \begin{cases} \frac{Q}{f(x)} & \text{jeżeli ścieżka } pr \text{ została użyta przy osobniku } x, \\ 0 & \text{jeżeli ścieżka nie została użyta.} \end{cases} \quad (26)$$

gdzie:

$\tau_{pr}$  - wartość feromonów na ścieżce  $pr$ ,

$\rho$  - wartość współczynnika odparowywania feromonów,

$\Delta\tau_r$  - przyrost wartości feromonów,

$f(x)$  – wartość funkcji kryterialnej dla osobnika  $x$ .

Dodatkowo wykorzystano współczynnik odparowywania feromonów  $\rho \in (0, 1]$ , które jednolicie pomniejsza wartości wszystkich feromonów w kolejnych przebiegach algorytmu. Wyparowywanie feromonów jest potrzebne, aby uniknąć zbyt szybkiej zbieżności algorytmu w kierunku ekstremów lokalnych. Pozwala to wykorzystać korzystną formę zapominania, co pozwala na odkrywanie nowych przestrzeni poszukiwań (Korytkowski P. i in., 2013). Aby uniknąć sytuacji wybierania ciągle tych samych ścieżek, wykorzystane rozwiązanie z algorytmu nakłada limit maksymalnej  $\tau_{max}$  i minimalnej  $\tau_{min}$  wartości feromonów oraz sprawdza po każdej iteracji czy wszystkie wartości feromonów spełniają warunek  $\tau_{min} \leq \tau_{pr} \leq \tau_{max}$ . Obliczane jest to według poniższego wzoru:

$$\tau_{pr} = \begin{cases} \text{Jeżeli } \tau_{pr} \geq \tau_{max} \text{ to } \tau_{pr} = \tau_{max} \\ \text{Jeżeli } \tau_{min} < \tau_{pr} < \tau_{max} \text{ to } \tau_{pr} = \tau_{pr} \\ \text{Jeżeli } \tau_{pr} \leq \tau_{min} \text{ to } \tau_{pr} = \tau_{min} \end{cases} \quad (27)$$

Po zakończeniu globalnej aktualizacji feromonów, zależnej od wartości funkcji kryterialnej, uzyskanych na konkretnych ścieżkach, aby zwiększyć zbieżność w rozsądnym czasie, zastosowano zasadę zwiększania wartości feromonów na ścieżce najlepszego rozwiązania, osiągniętego dotychczas oraz dla najlepszego rozwiązania z danej populacji. Zasady te nazywane są w literaturze kolejno IB (iteration-best solution) oraz BS (best so far solution). Reguły te zwiększają stronniczość w kierunku najlepszego rozwiązania oraz zwiększają ryzyko przedwczesnej zbieżności. Ryzyko to ograniczane jest poprzez użycie odpowiedniej reguły konstruowania rozwiązania z algorytmu ACS oraz reguły ograniczenia wartości feromonów z algorytmu MMAS. Aby odpowiednio ograniczać wpływ tej reguły, dodatkowo zastosowano stałe wartości  $Q_{IB}$  oraz  $Q_{BS}$ , którymi można odpowiednio określić wartość z jaką przyrasta wartość feromonów na ścieżce najlepszego rozwiązania :

$$\text{Jeżeli } pr \in IB \text{ to } \Delta\tau_{pr} = \frac{Q_{IB}}{f_{pr}} \quad (28)$$

$$\text{Jeżeli } pr \in BS \text{ to } \Delta\tau_{pr} = \Delta\tau_{pr} + \frac{Q_{BS}}{f_{pr}} \quad (29)$$

gdzie:

$f_{pr}$ - wartość funkcji kryterialnej dla rozwiązania na danej ścieżce,

$IB$  - najlepsze rozwiązanie z danej iteracji,

$BS$  - najlepsze osiągnięte dotychczas rozwiązanie.

## **Krok 6. Warunek stopu**

W literaturze wyszczególnione są dwa główne warunki stopu dla działania algorytmu mrówkowego (Dorigo M. i Stutzle T., 2010), (Dorigo M. i in., 1996), (Dorigo M. i Blumb C., 2005). Pierwszy z nich to ograniczona ilość iteracji, którą można interpretować jako maksymalną ilość populacji, które będą poszukiwać optymalnego rozwiązania. Ilość cykli zliczania jest do licznika, którego maksymalna wartość określana jest przez użytkownika, a wartość tą nazywa się  $NC_{MAX}$ . Po osiągnięciu tej wartości następuje zatrzymanie działania algorytmu. Drugi popularny warunek stopu to tzw. zachowanie stagnacji, a więc wszystkie mrówki wybierają tę samą ścieżkę w poszukiwaniu rozwiązania. Oznacza to, że algorytm przestał poszukiwać alternatywnych rozwiązań. W opracowywanej metodzie zostanie

wykorzystany warunek mieszany dwóch przedstawionych sposobów zatrzymania działania algorytmu. Wykorzystany algorytm optymalizacyjny modelu procesu w celach zarządzania przetwarzającego spersonalizowane projekty w warunkach niepewności, zatrzyma się po określonej przez użytkownika ilości iteracji lub jeżeli nastąpi zachowanie stagnacji w określonej liczbie następujących po sobie populacji.

Zaprezentowane powyżej metody budowania funkcji kryterialnej i optymalizacji wielokryterialnej w tym algorytm mrówkowy, wykorzystano do stworzenia autorskiej metody pozwalającej osiągnąć cel pracy.

## **2.5 Popularne metody równoważenia linii produkcyjnej**

W opracowanej metodzie zarządzania złożonymi procesami przetwarzającymi spersonalizowane projekty w warunkach niepewności, występuje zadanie optymalizacyjne. Określono je jako równoważenie linii produkcyjnej. Zadanie to można rozumieć jako przypisywanie do poszczególnych zasobów, poszczególnych zadań w każdym projekcie tak, aby zapewnić spełnienie oczekiwań decydentów tego procesu. W literaturze występuje wiele metody równoważenia linii produkcyjnej (Li Z. i in., 2019) (Gong J. i You F., 2018). Podzielone one są ze względu na typ linii jaki jest równoważony, ilość modeli w linii oraz stosowaną metodę optymalizacji.

Jednymi z podstawowych metod równoważenia linii produkcyjnej są metody manualne. Jedną z najpopularniejszych metod manualnych jest metoda LCR (ang. Largest-Candidate Rules), gdzie operacje przypisuje się do poszczególnych stanowisk poprzez tworzenie sum czasów które są mniejsze bądź równe czasowi cyklu (Groover M. P., 2008) (Helgeson W. B. i Birnie D. P., 1961). Kolejną metodą KWM (ang. Kilbridge and Wester's Method) to heurystyczna procedura, która wybiera operacje w zależności od ich pozycji w schemacie pierwszeństwa, który pokazuje jak po kolei powinny być wykonywane operacje (Groover M. P., 2008). Znana jest również metoda RPW (ang. Ranked Positional Weight), która jest kombinacją dwóch poprzednich metod, gdzie wartości liczone są dla każdej pojedynczej operacji oraz uwzględniana jest wartość w schemacie pierwszeństwa (Helgeson W. B. i Birnie D. P., 1961). Trzy powyższe metody są powszechnie używane.

### **3 Metoda zarządzania procesami złożonymi przetwarzającymi spersonalizowane projekty w warunkach niepewności**

Przyjętym obiektem badań są procesy złożone, które przetwarzają spersonalizowane projekty w których występuje niepewność. Celem pracy jest zaś budowa modelu obiektu badań, który pozwala na optymalizację jego miar wydajności do zadanych wartości. Przedstawiona w poprzednich rozdziałach część teoretyczna obejmująca zarówno procesy (które w rzeczywistości muszą przetwarzać spersonalizowane projekty w których występuje niepewność), jak też podejścia do tworzenia wielokryterialnej funkcji celu (służącej ocenie) oraz budowę efektywnej metody optymalizacji (poprzez odpowiednie połączenie metod w odpowiedni ciąg logiczny), pozwalają na stworzenie metody, która spełnia postawiony cel. Przeprowadzona klasyfikacja systemów produkcyjnych umożliwiła wskazanie jako obiektu badań, procesu produkcji jednostkowej, który spełnia określone cechy procesu złożonego. Można założyć, że opracowana metoda modelowania zapewnia kompleksowe rozwiązanie problemu, poprzez opis wszystkich koniecznych etapów, zaczynając od stworzenia modelu symulacyjnego badanego obiektu, aż do momentu uzyskania, w wyniku zastosowania algorytmów symulacyjnych i symulacji komputerowej, takich wartości parametrów procesu, których korekta w rzeczywistym procesie pozwoli na uzyskanie poprawy wskaźników wydajności tego procesu i lepsze spełnienie oczekiwań klientów.

Realizacja postawionego w pracy celu możliwa jest poprzez dokładne określenie kolejnych kroków zawartych w metodzie autorskiej wraz z oczekiwanym rezultatem. Modelowanie procesu złożonego dokonane w usystematyzowany sposób, pokrywający wszystkie istotne z punktu widzenia użytkownika aspekty, daje efekt jakim jest model pozwalający usprawnić działanie w rzeczywistym procesie, poprzez wykorzystanie wyników z optymalizacji zbudowanego modelu. Etapy konieczne w opracowanej metodzie zapewniające jej użyteczność to:

- modelowanie procesu, który jest obiektem badań,
  - określenie funkcji kryterialnej przy pomocy decydenta tego procesu,
  - wykonanie zadania optymalizacji, które pozwoli poprawić, poprzez wykorzystanie otrzymanych wyników, przystosowanie rzeczywistego procesu do zadanych miar wydajności.
- Trzy przedstawione powyżej kroki są konieczne do uzyskania zadowalających rezultatów dla decydenta, bez nadmiernego przetwarzania i skomplikowania problemu, nad którym aktualnie pracuje. Można założyć, że opracowana metoda, aby miała wartość użyteczną i była możliwa

do wykorzystania w codziennej pracy, powinna być możliwie prosta i łatwa w implementacji. Winna też uzyskiwać zadowalające użytkowników rezultaty.

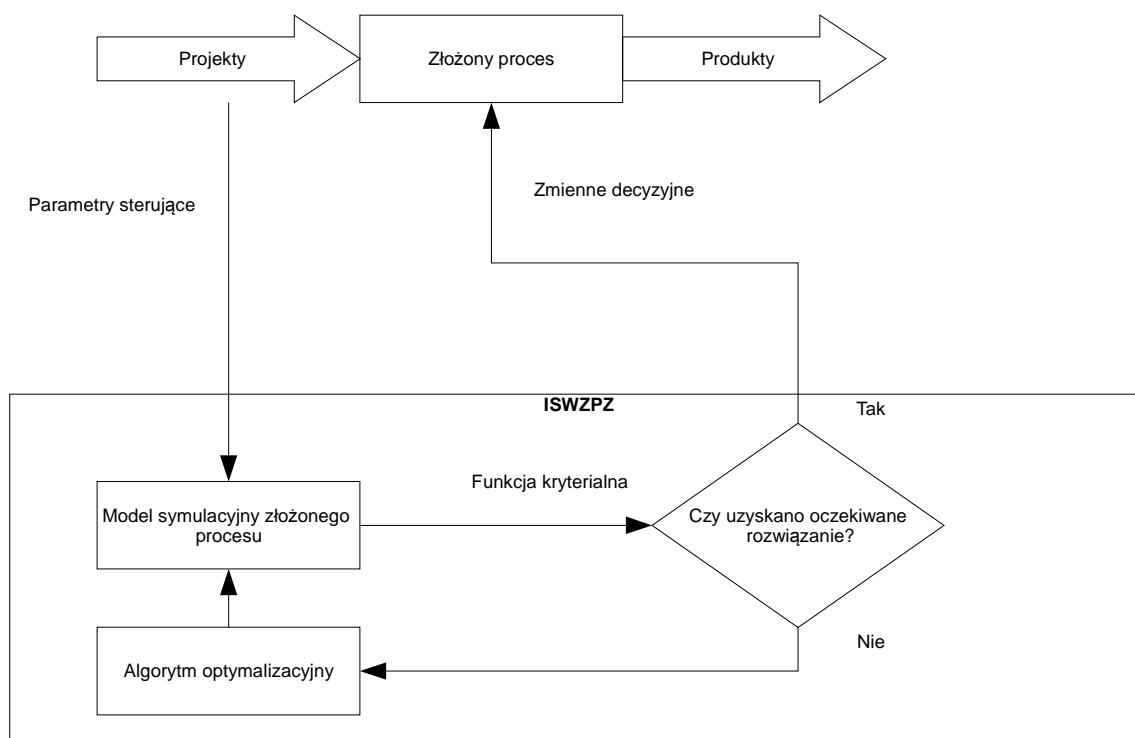
W poniższym rozdziale przedstawiono kolejno składowe autorskiej metody wspomagającej przetwarzanie spersonalizowanych projektów w których występuje niepewność. Zawarto w nim ogólny opis metody modelowania, który pozwala zapoznać się, z ogólną koncepcją proponowanego rozwiązania. Następnie przedstawiono proces modelowania symulacyjnego obiektu badań. W kolejnej części przedstawiono metodę określania kryterium oceny, po czym przedstawiono wybrany algorytm optymalizacyjny zastosowany w opracowanej metodzie.

### **3.1 Ogólny opis metody zarządzania złożonymi procesami przetwarzającymi spersonalizowane projekty w warunkach niepewności**

Jak wskazano, celem pracy jest opracowanie metody zarządzania, która może być wykorzystywana jako część systemu wspomagania produkcji jednostkowej. Efektem działania tej metody jest optymalizacja badanego procesu przy użyciu wielokryterialnej funkcji celu, opracowanej na podstawie oczekiwań decydentów i określonych przez nich miar wydajności procesu, wskazujących na jego efektywność i skuteczność. W pojęciu ogólnym dla opracowanej metody przypisane zostały trzy podstawowe kroki, które są niezbędne, aby uzyskane wyniki mogły przyczynić się do poprawy istniejącego w rzeczywistości procesu i w wyniku uzyskania efektywnych miar wydajności:

- Krok 1: Modelowanie symulacyjne procesu złożonego
- Krok 2: Określenie funkcji celu
- Krok 3: Optymalizacja wielokryterialna do zadanych miar wydajności

Powyżej przedstawiono podstawowe kroki w metodzie, które należy wykonać w zadanej kolejności, co pozwala na **skuteczny i efektywny dobór parametrów sterujących procesem jednostkowym z zadaniem wyjściem**. Koniecznym jest umiejscowienie etapów zarządzania w szerszym kontekście i tak na rysunku 3.1 przedstawiono uproszczony schemat działania opracowywanej metody, która ma być częścią systemu wspomagania złożonego procesu.



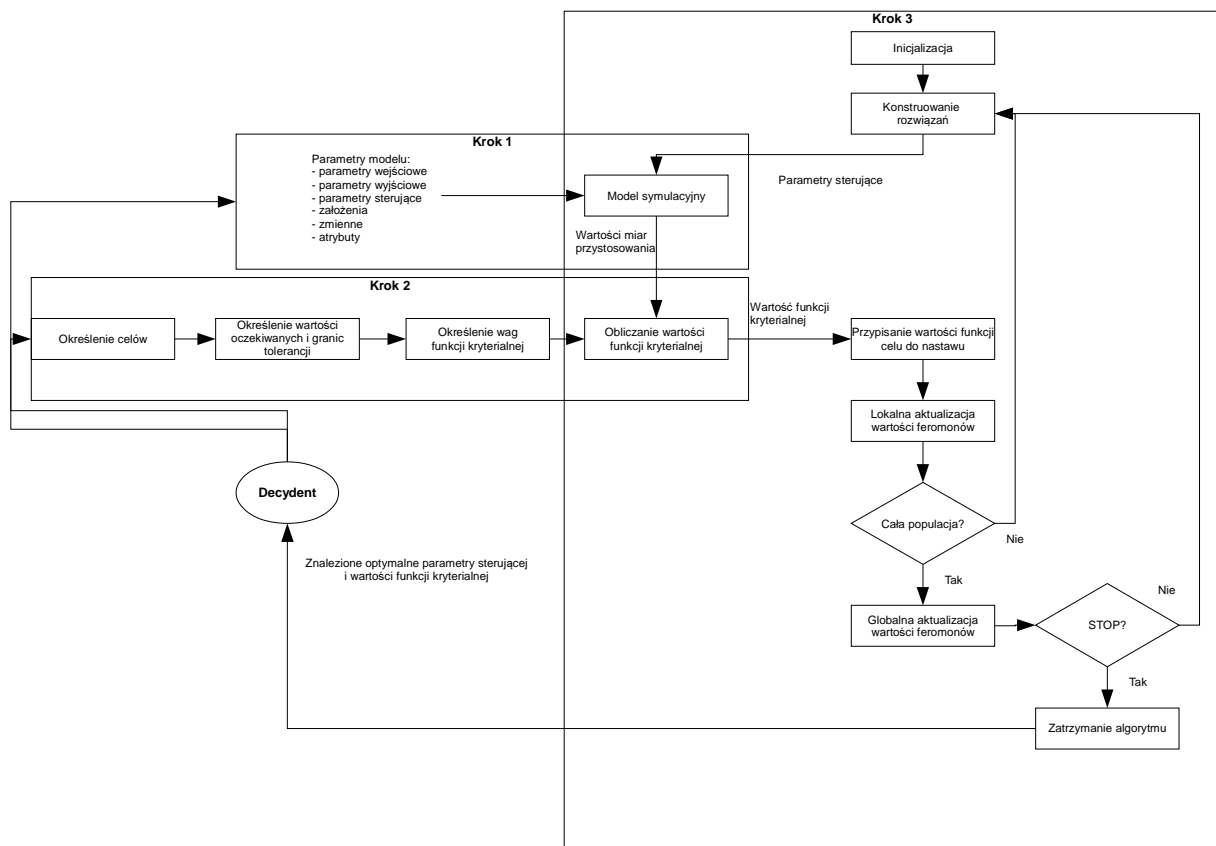
Rysunek 3.1 Schemat ogólny metody (źródło: opracowanie własne)

Przedstawiony na rysunku schemat ogólny umiejscowienia metody w Informatycznym Systemie Wspomagającym Zarządzanie procesem złożonym, ukazuje ogólną koncepcję modelowania w opracowanej metodzie. Proces złożony, jak każdy proces, przekształca zadane wejścia w wyjścia. Wejście stanowią projekty, które w procesach produkcji jednostkowej stanowią zamówienia od klientów. Należy je wytworzyć zgodnie z zadaną specyfikacją. Wyjściem są więc produkty gotowe, zgodne z oczekiwaniami klientów, stanowiące efekt przetwarzania surowców oraz półproduktów w procesie produkcyjnym.

W ogólnym schemacie jednym z istotnych faktów jest odseparowanie modułu informatycznego, systemem wspomagania zarządzania procesem złożonym. W module tym kluczowym elementem jest tworzony w kroku 1. metody, model symulacyjny procesu złożonego, będącego obiektem badań. Jako wyjście procesu symulacyjnego określono funkcję kryterialną tworzoną w kroku drugim. Wartość funkcji obliczana jest podczas symulacji modelu, a jej końcowy wynik przekazywany jest do automatycznej oceny, która sprawdza czy otrzymana wartość wskaźników, oczekiwanych przez decydentów, jest zgodna z celem jaki chcą uzyskać. I tak jeżeli wartość nie jest zadowalająca, wykonywany jest krok 3. czyli wykorzystywany jest algorytm optymalizacyjny, którego efektem działania jest zmiana parametrów sterujących w modelu symulacyjnym. W badanym przypadku stosowane jest równoważenie procesu, tak aby poprawić wyniki funkcji kryterialnej i w efekcie końcowym

osiągnąć zadowalające użytkownika wyniki. W momencie uzyskania satysfakcjonujących wyników funkcji celu, jako rezultat metody, do rzeczywistego procesu trafiają informacje dotyczące wartości zmiennych decyzyjnych, oznaczające sekwencje rozłożenia operacji na poszczególnych stanowiskach produkcyjnych. Umożliwia to równoważenie złożonego procesu rzeczywistego na podstawie otrzymanych zamówień, bez ingerencji w jego działania podczas sprawdzania różnych wersji przypisania operacji do procesów, tworzących cały proces złożony. Proces równoważenia, dzięki wykorzystaniu symulacji komputerowej, pozwala na optymalizację rzeczywistego systemu przed zwolnieniem do produkcji nowych zamówień, a więc dodatkowo unikamy nieefektywnego wykorzystania zasobów w związku z wejściem nowych, zróżnicowanych pod względem czasu przetwarzania zamówień.

Szczegółowy schemat metody został przedstawiony na rysunku 3.2, gdzie wskazano trzy określone wcześniej podstawowe kroki, a w nich najważniejsze czynności wykonane przez decydenta oraz etapy działania modelu symulacyjnego wraz z algorytmem optymalizacyjnym, które muszą być wykonane w określonej kolejności.



Rysunek 3.2 Schemat działania metody wraz z najważniejszymi krokami (źródło: opracowanie własne)

Główne elementy wchodzące w skład kroku numer jeden to parametry obiektu badań, wykorzystywane do budowy modelu symulacyjnego złożonego procesu. W tym kroku z danych wejściowych, pochodzących z rzeczywistego procesu złożonego oraz znajomości przepływu procesu, zgodnie z metodologią tworzenia modeli symulacyjnych, wykonany jest model symulacyjny, którego celem jest naśladowanie rzeczywistego procesu złożonego. Krok ten jest konieczny, gdyż pozwala poznać proces oraz stworzyć model dający wyniki w późniejszym działaniu algorytmu optymalizacyjnego. Najważniejszym wynikiem tego kroku jest zweryfikowany i zwalidowany model symulacyjny procesu, który można wykorzystywać również w przyszłości (o ile nie zmienią się podstawowe parametry tego procesu), a więc wciąż będzie on wystarczająco dobrze naśladował rzeczywistość, na podstawie której został stworzony.

Kolejnym etapem jest krok numer dwa, gdzie następuje określanie celów dla miar przystosowania rzeczywistego procesu, jakie mają być osiągnięte w wyniku zastosowania opracowanej metody. Ściślej, jako cele miar przystosowania rozumiane są najczęściej miary wydajności procesu, stosowane w rzeczywistości przez decydentów złożonego procesu. Po wyborze celów kolejnym etapem w kroku drugim jest dokładne określenie kryteriów dla tych celów. Określono więc jakie są oczekiwane wartości i jakie możliwe odchylenie od wartości oczekiwanej, które w ocenie decydenta pozwalają zaakceptować uzyskane wyniki, jako wystarczające. W sytuacji występowania więcej niż jednego celu i kryterium, następuje etap przypisania wagi do każdego z określonych kryteriów. Celem przypisania wag jest sprowadzenie problemu optymalizacji wielokryterialnej do optymalizacji jednokryterialnej, co pozwala na uzyskanie jako wynik wartości funkcji kryterialnej w postaci ilościowej lub jakościowej, uwzględniającej wszystkie istotne z punktu widzenia użytkownika miary wydajności procesu złożonego.

Krok numer trzy w opracowanej metodzie zaprezentowany jest na podstawie algorytmu mrówkowego, który jest algorytmem optymalizacyjnym, opartym na inteligencji roju. Celem działania algorytmu optymalizacyjnego jest wyliczenie potencjalnie najlepszych, na podstawie uzyskanych wcześniej wyników wartości parametrów sterujących, a następnie przekazanie ich do modelu symulacyjnego. Później przekazane parametry sterujące ustawiane są w modelu symulacyjnym, następuje sama symulacja, a jej wynikiem jest określona wartość kryteriów przystosowania procesu. Wynik symulacji przekazywany jest do drugiego kroku, gdzie przeliczona jest wartość funkcji kryterialnej na podstawie otrzymanych z symulacji parametrów przystosowania. Poszczególne kroki w algorytmie bardziej szczegółowo zostały opisane w dalszej części obecnego rozdziału. W schemacie przedstawionym na rysunku 3.2



widoczny jest również decydent, którego rolą jest dostarczenie danych wejściowych do kroku pierwszego oraz kroku drugiego, którymi są wszystkie parametry konieczne do budowy modelu symulacyjnego oraz kryteria oceny z wagami. W wyniku działania kroku trzeciego, do decydenta, przekazywana jest informacja na temat wartości funkcji kryterialnej przy zadanych ustawieniach parametrów sterujących procesem.

W dalszej części rozdziału opisano szczegółowo każdy z kroków opracowanej metody modelowania. Wartością opracowanej metody jest połączenie prezentowanych kroków w jedną metodę, pozwalającą na optymalizację w kierunku zadanych przez decydenta miar wydajności złożonych procesów. Pozwala to w łatwy i skuteczny sposób optymalizować rzeczywiste procesy, w których duża zmienność zadań oraz niepewność wykonania zadań jest niemożliwa do określenia klasycznymi metodami lub określona np. na podstawie doświadczenia.

### **3.2 Krok 1: Modelowanie symulacyjne procesu złożonego**

Obiektem badań w opracowanej metodzie modelowania jest proces złożony, przetwarzający spersonalizowane projekty z niepewnością. Jako przykład takiego procesu został wybrany proces produkcji jednostkowej, gdyż odpowiada on opisowi systemów złożonych przedstawionych we wcześniejszym rozdziale, a każde indywidualne zamówienie od klienta można traktować jako spersonalizowany projekt. Niepewność w modelu zostanie uwzględniona jako zmienny czas przetwarzania poszczególnych zadań na stanowiskach. Podyktowane jest to faktem, że nie ma możliwości dokładnego określenia tego wskaźnika. Niepewność wynika z dowolnej konfiguracji zamówień, jak też odmiennych efektywności. Rzeczy te są wręcz niemożliwe do przewidzenia w rzeczywistych warunkach lub też ich analiza byłaby nieopłacalna ze względu na małe jednostkowe wolumeny.

Parametry wykorzystane podczas badań, mogą odpowiadać innym zbliżonym procesom produkcji jednostkowej skomplikowanych maszyn przemysłowych. Montaż ręczny jest obecnie popularną metodą przy niskich wolumenach i dużej złożoności produktu, a wynika to z nieopłacalności implementowania zautomatyzowanych rozwiązań (Lu Y. i in., 2020) (Dadashnejad A. A. i Valmohammadi, C., 2019).

W oparciu o przytoczone w poprzednim rozdziale 8 etapów tworzenia modelu symulacyjnego w opracowanej metodzie, pominięto niektóre elementy. Etapy od 1. do 5., czyli zbieranie informacji, aż do walidacji modelu, przebiega w ten sam sposób. Etap 6., czyli projektowanie eksperymentów nie jest wykonywany przez analityków, gdyż eksperymenty symulacyjne są generowane przez metodę optymalizacyjną, która poszukuje optymalnego

rozwiązania. Etap 7., czyli analiza danych wyjściowych w opracowywanej metodzie wykorzystuje wielokryterialną funkcję celu do oceny danych wyjściowych (miar wydajności procesu), w celu określenia jak najlepszej konfiguracji procesu produkcji jednostkowej. Etap 8. czyli końcowe rekomendacje, można uznać za zbliżony, gdyż jako wynik końcowy uzyskujemy wartości zmiennych decyzyjnych dla badanego procesu produkcji.

W bieżącym kroku metody najważniejsze jest prawidłowe wykonanie etapów od 1. do 5. Przeprowadzone modelowanie symulacyjne pozwoli na zebranie odpowiednich danych i informacji na temat badanego procesu. Kolejne kroki stanowią skonstruowanie modelu symulacyjnego w dostępnym środowisku oraz weryfikacja i walidacja modelu względem danych z rzeczywistego procesu.

Dane i informacje jakie należy zbierać w przypadku produkcji jednostkowej są różne i często mogą zależeć od problemu jaki chcemy rozwiązać za pomocą symulacji. Jednak literatura przedmiotu wskazuje kilka uniwersalnych parametrów sterujących, parametrów wejściowych i miar dopasowania, które należy zebrać w celu odpowiedniego skonstruowania modelu symulacyjnego skomplikowanego procesu złożonego (Dadashnejad A. A. i Valmohammadi, C., 2019) (Lu Y. in., 2020) (Dolgui A. i in., 2019).

Każdy modelowany proces, musi posiadać założenia, które jednocześnie są jego ograniczeniami. Jest to konieczne, gdyż nie jest możliwe zamodelowanie wszystkich zależności zachodzących w procesie, jednak odpowiednio zbudowane ograniczenia pozwalają w wystarczający sposób odwzorować rzeczywistość, która jest badana. Poniżej przedstawiono założenia dotyczące samego procesu złożonego, stanowiącego przedmiot badań w opracowanej metodzie.

### **3.2.1.1 Założenia:**

- Model przedstawia złożony proces;
- Model jest w stanie przetwarzać w jednym czasie ograniczoną ilość produktów;
- Wejściem modelu są zamówienia, rozumiane jako spersonalizowane projekty;
- Zamówienia są znane z określonym z góry wyprzedzeniem;
- Ilość zamówień uwzględnianych w modelu równa się  $m$ ;
- Wyjściem z modelu są gotowe produkty lub usługi;
- Produkty opuszczają proces wraz z zakończeniem prac na ostatnim stanowisku;
- Kolejność wszystkich możliwych do wykonania operacji jest znana dla każdego projektu w momencie wejścia do procesu;

- W procesie przetwarzania możliwe jest powracanie na wcześniejsze stanowiska montażu;
- Ilość procesów złożonych tworzących stanowiska równa się  $k$ ;
- Ilość opcji możliwych do wyboru w każdym zamówieniu równa się  $n$ ;
- Niepewność czasu wykonania zadań na poszczególnych stanowiskach opisana jest rozkładem normalnym z określoną z góry wariancją;
- Podczas pracy procesów prostych można uwzględnić awarie;
- Czas przejścia pomiędzy stanowiskami jest pomijany;
- Czas wykonania poszczególnych zadań dla danego produktu mogą być określone na podstawie doświadczenia lub danych historycznych;
- Znany jest podział zasobów pomiędzy procesami prostymi i złożonymi;
- Projekty wchodzą do procesu w kolejności od 1 do  $m$ .

### 3.2.1.2 Parametry sterujące

Parametry sterujące, zwane są również parametrami decyzyjnymi, mającymi najczęściej charakter dyskretny. Wpływają one na wartość miary przystosowania całego procesu i na jego działanie. W przeciwieństwie do innych parametrów wejściowych systemu są one możliwe do modyfikacji.

Badany proces produkcji jednostkowej zorganizowany jest w układzie linii prostej, a więc produkty przetwarzane są przez kolejne  $k$  stanowisk roboczych w kolejności  $[1, 2, \dots, m]$ . Atrybuty zadań są niepewne, a liczba stacji roboczych jest zawsze taka sama. Poniżej przedstawiono parametry sterujące w badanym systemie produkcji jednostkowej.

Rozłożenie operacji pomiędzy stanowiskami, czyli równoważenie linii produkcyjnej poprzez przypisywanie poszczególnych zadań do stanowisk, jest określone za pomocą wzoru(5):

$$\begin{aligned}
 & o_1, o_2, \dots, o_{x_1} \in P_1 \\
 & o_{x_1+1}, o_{x_1+2}, \dots, o_{x_2} \in P_2 \\
 & \dots \\
 & o_{x_{(k-1)}}, o_{x_{(k-1)}+1}, \dots, o_k \in P_k
 \end{aligned} \tag{30}$$

gdzie:

$$\begin{aligned}
 & x_1 < x_2 \\
 & x_{(k-1)} \leq x_k \\
 & x_k = n
 \end{aligned}$$

Jedna stacja może wykonywać od  $a$  do  $b$  pojedynczych operacji, czyli:

$$x_1, x_2, \dots, x_k \geq a, x_1, x_2, \dots, x_k \leq b$$

### 3.2.1.3 Parametry wejściowe

Są to parametry będące danymi wejściowymi do modelu. Nie ulegają one modyfikacji w opracowywanej metodzie:

- Indeks operacji  $i = \{1, 2, \dots, n\}$ ;
- Indeks projektu  $j = \{1, 2, \dots, m\}$ ;
- Liczba możliwych operacji  $n$ , jest dowolną liczbą naturalną;
- Liczba projektów  $m$ , jest dowolną liczbą naturalną;
- Liczba stanowisk roboczych do których należy przypisać operacje od 1 do  $m$ , równa się  $k$  i jest dowolną liczbą naturalną;
- Czas trwania poszczególnych operacji  $t$ ;
- Wskaźnik występowania operacji  $i$  w projekcie  $j$ ,  $b_{ij} = 1$ , jeżeli operacja występuje,  $b_{ij} = 0$ , jeżeli operacja nie występuje;
- Zbiór wszystkich operacji o wielkości  $n$  i indeksie  $i$ ,  $O = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$ , gdzie każda z operacji jest opisana nazwą zwyczajową. Ze względu na małe znaczenie tego nazewnictwa w rozważaniach teoretycznych, operacje są przedstawiane zgodnie z zasadą  $o_1, o_2, \dots, o_n$ ;
- Zbiór stanowisk roboczych w procesie równą się  $k$ ,  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$ , opisane nazwą zwyczajową
  - $S_1$  - stanowisko 1,
  - $S_2$  - stanowisko 2,
  - ...
  - $S_k$  - stanowisko k.
- Wektor czasów wykonania poszczególnych operacji o wielkości  $1 \times m$ , i indeksie  $i$  odpowiadającym poszczególnej operacji,  $T = [t_1, t_2, \dots, t_m]$
- Macierz występowania operacji  $i$  w projekcie  $j$ 
$$M = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{m1} & b_{m2} & \dots & b_{mn} \end{bmatrix}$$
- Okres przedbiegu symulacji jest indywidualnie określany dla danego procesu, którego dotyczy. Powinien on umożliwiać osiągnięcie przez model symulacyjny stanu odpowiadającego rzeczywistości;

- Okres trwania jednego badania symulacyjnego, okres trwania jednej replikacji, odpowiada okresowi jaki jest badany w rzeczywistości;
- Ilość niezależnych powtórzeń. Dla każdej wartości parametrów sterujących wykonać należy minimum 3 replikacje modelu z tymi ustawieniami. Jako wynik dla danych parametrów sterujących wykorzystuje się średnie wyników z wszystkich replikacji dla danego ustawienia.

#### **3.2.1.4 Parametry wyjściowe**

Parametry wyjściowe są to parametry, które otrzymywane są jako wynik symulacji z użyciem modelu. Zgodnie z zakładanym celem na wyjściu modelu symulacyjnego powinny pojawić się przetworzone projekty, gotowe do dostarczenia klientowi. W zbudowanej koncepcji modelowania istotne, jako parametry wyjściowe modelu, są miary wydajności procesu, jakie zostają uzyskane po określonym czasie działania. Jest to ważne z tego względu, że badane są podczas modelowania miary wydajności wybrane przez decydenta. Jedynym ograniczeniem, w analizowaniu miar wydajności jako wyjścia z procesu, są możliwości użytego środowiska symulacyjnego i możliwość otrzymania z symulowanego obiektu odpowiednich wskaźników. Poniżej przedstawiono podstawowe miary wydajności jakie mogą być stosowane w opracowanej metodzie, jeżeli obiektem badań jest proces produkcji jednostkowej. Są to kolejno:

- Czas przejścia;
- Czas cyklu produkcyjnego;
- Efektywność;
- Wykorzystanie zasobów.

### **3.3 Krok 2: Zasady definiowania kryteriów optymalizacji**

Proces modelowania, jeżeli ma służyć również optymalizacji, wymaga określenia kryteriów optymalizacji. Dodatkowo dla spełnienia celu pracy, konieczne jest zdefiniowanie miar wydajności, do których wartości będzie następowała optymalizacja. Wartość funkcji kryterialnej, czyli kryterium oceny procesu jest jednym z najważniejszych kroków w opracowanej metodzie. Krok ten sprawia w rzeczywistości wiele trudności, gdyż ocena złożonych procesów, gdzie jest wiele czynników, jest zagadnieniem złożonym. W opracowanej metodzie modelowania procesów złożonych, etap tworzenia kryterium oceny procesu wymaga, wprowadzenia przez decydentów badanego procesu, kryteriów czyli celów,

oczekiwanych wartości celów oraz określenia priorytetów dla poszczególnych celów. Aby określić funkcję kryterialną należy wykonać poniższe kroki:

1. Określenie celów
  - a. Określenie wartości oczekiwanych i granic tolerancji;
  - b. Rozmycie celów;
2. Określenie wag poszczególnych celów w funkcji kryterialnej.

W opracowanej metodzie kryterium oceny zakłada się wykorzystanie przedstawionych wcześniej liniowej funkcji przynależności oraz wag przy każdym celu podczas liczenia funkcji kryterialnej. A więc wartości kryterium oceny procesu liczone są według przedstawionych w rozdziale 3.1 poniższych wzorów:

$$u_k \begin{cases} 1, & \text{jeżeli } C_p(x) \geq c_p, \\ \frac{C_p(x) - D_p}{c_p - D_p} & \text{jeżeli } D_p \leq C_p(x) \leq c_p, \\ 0 & \text{jeżeli } C_p(x) < D_p \end{cases} \quad (31)$$

lub:

$$u_k \begin{cases} 1, & \text{jeżeli } C_p(x) \geq c_p, \\ \frac{G_p - C_p(x)}{G_p - c_p} & \text{jeżeli } c_p \leq C_p(x) \leq G_p, \\ 0 & \text{jeżeli } C_p(x) > G_p \end{cases} \quad (32)$$

gdzie:

$p$  – ilość celów,

$k$  – indeks celu,

$C_p(x)$  - wartość funkcji kryterialnej dla  $p$  – tego celu,

$c_p$  - poziom aspiracji, czyli oczekiwana wartość  $p$  - tego celu,

$D_p$  - dolny poziom tolerancji wartości funkcji celu,

$G_p$  - górny poziom tolerancji wartości funkcji celu.

Następnie następuje funkcja maksymalizacji, która ma postać jak poniżej:

$$\text{Maksymalizacja} \quad f(\mu) = \sum_{k=1}^p w_k \mu_k \quad (33)$$

$$\sum_{k=1}^p w_k = 1 \quad (34)$$

gdzie:

$k$  – indeks celu,

$p$  – ilość celów,

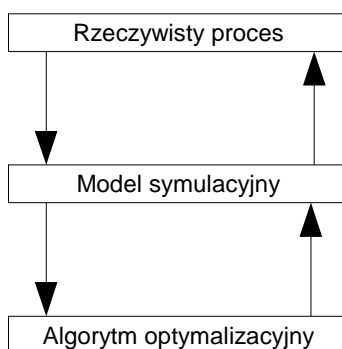
$\mu_k$  – wartość funkcji przynależności celu  $k$ ,

$w_k$  - wartość wagi dla celu  $k$ .

W kroku tym, istotne jest wykorzystanie wiedzy decydenta na temat badanego procesu. Dzięki wykorzystaniu wag przy poszczególnych kryteriach możliwe jest sprowadzenie wyniku problemu optymalizacji wielokryterialnej do jednej wartości, która mówi o stanie procesu. Dodatkowo, wartości kryterium przedstawione są w przedziale od  $\langle 0;1 \rangle$ .

### 3.4 Krok 3: Algorytm wyznaczania rozwiązań optymalnych

Ostatni krok w prezentowanej metodzie to optymalizacja zamodelowanego procesu złożonego, w celu maksymalizacji opracowanej w kroku drugim funkcji kryterialnej. Etap ten odpowiedzialny jest za znalezienie optymalnych nastawów parametrów sterujących, tak aby maksymalizować funkcje kryterialną, a tym samym w pełni spełniać oczekiwania klienta. W przedstawionym zadaniu, parametrami sterującymi jest przydzielenie zadań montażu do poszczególnych stanowisk produkcyjnych. Ogólnie metodę optymalizacyjną można umieścić w całej autorskiej metodzie tak jak przedstawiono na rysunku 3.3. Metoda optymalizacyjna pobiera wartości parametrów przystosowania uzyskane w modelu symulacyjnym, po czym przetwarza je za pomocą algorytmu optymalizacyjnego, a w wyniku działania algorytmu powstaje nowa propozycja ustawień parametrów sterujących, która jest przesyłana do modelu symulacyjnego. Następnie model symulacyjny generuje wyniki dla nowych ustawień. Etap ten działa przez określoną przez użytkownika ilość iteracji.



Rysunek 3.3 Miejsce algorytmu optymalizacyjnego w metodzie (źródło: opracowanie własne)

Opracowana metoda modelowania złożonych procesów przetwarzających spersonalizowane zadania z niepewnością, do zadania optymalizacji wykorzystuje algorytm mrówkowy, który należy do algorytmów ewolucyjnych opartych na inteligencji roju. Wybór algorytmu niedeterministycznego podyktowany jest wielkością przestrzeni do przeszukania. W praktyce wyniki powinny być dostępne w akceptowalnym przez użytkowników czasie, dlatego wykorzystanie metod dokładnych nie ma w tym wypadku sensu, gdyż oczekiwanie na przeszukanie całej przestrzeni poszukiwań jest zagadnieniem kompleksowym i wymagającym dużej mocy obliczeniowej (Russell A. i Taghipour, S., 2019) (Lee J. i in., 2019), a tym samym trwałoby zbyt długo.

Istotnym czynnikiem pozwalającym na wykonanie optymalizacji, jest odpowiednie połączenie wszystkich kroków składowych metody, czyli modelu, funkcji kryterialnej oraz metody optymalizacyjnej. Wykorzystanie symulacji komputerowej do obliczenia wartości funkcji kryterialnej powoduje, że algorytm mrówkowy generuje rozwiązania, po czym musi je przesyłać do modelu symulacyjnego, który z kolei konwertuje otrzymane od algorytmu dane na parametry sterujące i rozpoczyna odpowiednią ilość replikacji z tymi parametrami. Następnie, po wykonaniu replikacji, otrzymywane z symulacji dane, takie jak na przykład określone cele są wykorzystywane do obliczenia funkcji kryterialnej. Tak otrzymany wynik, przesyłany jest ponownie do algorytmu mrówkowego, który dzięki temu jest w stanie określić jakość rozwiązania, które stworzył i przypisać do konkretnego agenta-mrówki, liczbową wartość funkcji kryterialnej jaką ta mrówka uzyskała.

Algorytm mrówkowy, w przypadku badań, powinien mieć określone z góry wartości takie jak:

- Ilość iteracji,
- Wielkość populacji,
- $Q$  - prawdopodobieństwo wybrania ścieżki z najsilniejszym feromonem  $q_0$ ,
- współczynnik wyparowywania feromonów  $\rho$ .

Zaimplementowany w metodzie algorytm mrówkowy wykonuje typowe dla tego rozwiązania kroki, czyli kolejno:

### **Krok 1.** Inicjalizacja wartości feromonów

Etap ten odpowiada za nadanie początkowej wartości poszczególnym feromonom będącym na ścieżce mrówki. Aby zapobiec przedwczesnej zbieżności, wyznaczony zostaje eksperymentalnie parametr  $Q$ , którego wartość pozwala odpowiednio ograniczyć wpływ



najlepszych rozwiązań zastosowanych podczas inicjalizacji na przedwczesną zbieżność w początkowych iteracjach. Inicjalizacja wykorzystuje wartości funkcji kryterialnych  $f_i$ , wyliczonych dla losowych rozwiązań za pomocą symulacji. Formalnie przedstawione jest to następująco:

$$\tau_0 = \frac{Q}{f_j} \quad (35)$$

gdzie:

$\tau_0$  - początkowa wartość feromonów,

$Q$  - to stała pozwalająca odpowiednio dopasować wartości feromonu w zależności od tego jak silny wpływ ma mieć wartość wyliczonej funkcji kryterialnej,

$f_j$  - wartość funkcji kryterialnej obliczanej za pomocą symulacji.

## **Krok 2.** Konstruowanie rozwiązań

Etap ten odpowiedzialny jest za stworzenie rozwiązań, które odpowiadają poszczególnym agentom – mrówkom. Wykorzystano tu pseudo-losową zasadę proporcjonalną, która promuje najlepsze rozwiązania. W algorytmie określany został przez użytkownika parametr  $q_0$ . W pierwszym kroku konstruowania rozwiązania, losowana jest liczba  $q$  z równomiernie rozłożonego zbioru  $[0,1]$  i jeżeli wylosowana liczba okaże się jest mniejszą od parametru  $q_0$ , wtedy mrówka wybiera ścieżkę z najsilniejszymi feromonem wg poniższego wzoru:

$$l = \{argmax\{\tau_r\}\}, \text{ jeżeli } q \leq q_0 L \quad (36)$$

gdzie:

$l$  – wybrana ścieżka,

$q$  – liczba losowa,

$q_0$  – prawdopodobieństwo wybrania ścieżki z najsilniejszą wartością feromonów,

$L$  – losowanie ścieżki z wykorzystaniem prawdopodobieństwa.

Jeżeli wylosowana wartość jest większa od  $q_0$ , ścieżka którą wybierze mrówka jest losowana, z tym że prawdopodobieństwo wylosowania konkretnej ścieżki obliczane jest wg wzoru:

$$P_{r0} = \frac{\tau_{pr}}{\sum_{r=1}^k \sum_{p=1}^m \tau_{pr}} \quad (37)$$

gdzie:

$P_{pr}$  - prawdopodobieństwo wyboru ścieżki  $pr$ ,

$\tau_{pr}$  - wartość feromonu dla danej ścieżki,

$p$  – punkt początkowy ścieżki,

$r$  – punkt końcowy ścieżki.

Istotnym czynnikiem podczas tworzenie rozwiązań, jest fakt, że każdy kolejny wybór mrówki to operacja z wyższym numerem od poprzedniej. Warto przypomnieć, że każdy wybór to ilość operacji na stanowisku, przy czym ilość stanowisk wynosi  $k$ . W badanym przypadku mrówka wybiera  $k-1$  ścieżek, którymi pójdzie i tak kolejno są to:

- Ilość operacji stanowisko 1,
- Ilość operacji stanowisko 2,
- ...
- Ilość operacji stanowisko  $k$ .

Numer pierwszej operacji na stanowisku numer 1. odpowiada pierwszej operacji. Numerem ostatniej operacji na tym stanowisku jest liczba wylosowanych operacji. Dla stanowisk od 2 do  $k$  jest to numer ostatniej operacji na stanowisku poprzedzającym powiększony o 1. Numer ostatniej operacji dla tych stanowisk to numer pierwszej operacji na tym stanowisku plus ilość operacji dla tego stanowiska. Jeżeli na stanowiskach poprzedzających odbędą się wszystkie operacje, wtedy można pominąć kolejne stanowiska, co oznacza, że jeżeli na stanowisku  $k-1$  odbędzie się operacja  $n$  to stanowisko  $k-1$  i  $k$  nie są potrzebne w systemie, bo czas ich produkcji wynosi 0, i nie mają wpływu na efektywność. Przykładowo, jeżeli zaś na stanowiskach od 1 do  $k-1$  odbywa się tylko 25 operacji, to pozostałe  $n-25$  operacji wykonywane jest na stanowisku 6.

### **Krok 3.** Obliczanie wartości funkcji celu

Obliczanie wartości funkcji celu, następuje poprzez zaimplementowanie w modelu symulacyjnym parametrów sterujących odpowiadających mrówce, dla której obliczana jest wartość tej funkcji. W badanym przypadku do modelu procesu produkcji jednostkowej, trafia podział operacji do konkretnych stanowisk. Wyniki z symulacji służą do określenia wartości funkcji kryterialnej, która pozwala z kolei stwierdzić jak dobre rozwiązanie reprezentowane jest przez bieżącą mrówkę.

### **Krok 4.** Lokalna aktualizacja wartości feromonów

Etap ten polega na zmniejszaniu prawdopodobieństwa wylosowania tej samej ścieżki na tym samym etapie, gdyż zmniejsza wartość feromonów o ile zostały wybrane wcześniej przez jakiegoś osobnika z tej samej populacji. Zostało to, zastosowane w celu przeszukania większej przestrzeni, poprzez generowanie większej ilości różnych rozwiązań przez kolejne mrówki. Formalnie można to przedstawić następująco:

$$\tau_{pr} = (1 - \rho) \cdot \tau_{pr} + \rho \cdot \tau_0 \quad (38)$$

gdzie:

$\tau_0$  - początkowa wartość feromonów,

$\rho$  - wartość współczynnika odparowywania feromonów.

### **Krok 5.** Globalna aktualizacja feromonów

Etap ten ma na celu zwiększenie wartości dla feromonów na ścieżkach, których przejście daje lepsze wyniki wartości funkcji kryterialnej. Wartości te są opisane wzorem:

$$\tau_{pr} = (1 - \rho) \cdot \tau_{pr} + \Delta\tau_{pr} \quad (39)$$

$$\Delta\tau_{pr} = \begin{cases} \frac{Q}{f(x)} & \text{jeżeli ścieżka } pr \text{ została użyta przy osobniku } x \\ 0 & \text{jeżeli ścieżka nie została użyta} \end{cases} \quad (40)$$

gdzie:

$\tau_{pr}$  - wartość feromonów na ścieżce  $pr$ ,

$\rho$  - wartość współczynnika odparowywania feromonów,

$\Delta\tau_r$  - przyrost wartości feromonów,

$f(x)$  – wartość funkcji kryterialnej dla osobnika  $x$ .

Wykorzystanie współczynnika odparowania feromonów  $\rho \in (0, 1]$  pozwala sięgnąć po korzystną formę zapominania, co pozwala na odkrywanie nowych przestrzeni poszukiwań jednocześnie, nie zerując prawdopodobieństwa wylosowania jakiejś ścieżki. Wykorzystywana jest wówczas zasada, nadania maksymalnej i minimalnej wartości feromonów. I tak dla feromonu wartości przekraczające  $\tau_{max}$  ustawiane są właśnie na tę wartość, a feromony z wartością poniżej  $\tau_{min}$  ustawiane są na tą właśnie wartość. Postać formalna powyższych rozważań zadana jest według wzoru:

$$\tau_{pr} = \begin{cases} \text{Jeżeli } \tau_{pr} \geq \tau_{max} \text{ to } \tau_{pr} = \tau_{max} \\ \text{Jeżeli } \tau_{min} < \tau_{pr} < \tau_{max} \text{ to } \tau_{pr} = \tau_{pr} \\ \text{Jeżeli } \tau_{pr} \leq \tau_{min} \text{ to } \tau_{pr} = \tau_{min} \end{cases} \quad (41)$$

gdzie:

$r$  - indeks ścieżki,

$\tau_r$ - wartość feromonów na ścieżce  $r$ ,

$\tau_{max}$ - maksymalna wartość feromonów,

$\tau_{min}$  – minimalna wartość feromonów.

Po aktualizacji wartości następuje dodatkowa aktualizacja dla ścieżek przebytych, przez przodującą mrówkę w danej iteracji oraz dla mrówki, która osiągnęła najlepszy rezultat od początku działania algorytmu. Przedstawia to formuła matematyczna poniżej:

$$\text{Jeżeli } pr \in IB \text{ to } \Delta\tau_{pr} = \frac{Q_{IB}}{f_{pr}} \quad (42)$$

$$\text{Jeżeli } pr \in BS \text{ to } \Delta\tau_{pr} = \Delta\tau_{pr} + \frac{Q_{BS}}{f_{pr}} \quad (43)$$

gdzie:

$f_{pr}$  - wartość funkcji kryterialnej dla ścieżki  $pr$ ,

$IB$  – najlepsze rozwiązanie z iteracji,

$BS$  – najlepsze uzyskane dotychczas rozwiązanie.

## **Krok 6.** Warunek stopu

Jako warunek stopu w algorytmie wykorzystano warunek ilości iteracji jaki przejdzie algorytm w celu poszukiwania rozwiązania optymalnego. Warunek ten pozwala zbadać odpowiednio dużą przestrzeń rozwiązań.

Przedstawiony powyżej algorytm optymalizacyjny został dopasowany do potrzeb badanego problemu modelowania. Pozwala on uzyskać zadowalające wyniki i wyraźnie poprawiać wartości miar wydajności badanych procesów, co zostało pokazane w kolejnym rozdziale. Wykorzystanie heurystycznej metody optymalizacji pozwala dodatkowo uzyskać wyniki znacznie poprawiające badany proces w zadowalającym czasie, co ma duże znaczenie dla praktyków. Algorytm mrówkowy składa się z 6 podstawowych kroków, które kolejno pozwalają zainicjować działanie, następnie poprawiać proponowane rozwiązania w kierunku, w którym znaleziono najlepsze wyniki, pozwalające uniknąć przedwczesnej zbieżności, którą mogą powodować bardzo silne względem innych rozwiązania.

Podsumowując opracowana metoda składa się z trzech głównych kroków, które należy wykonać, aby możliwe było skuteczne poszukiwanie rozwiązań. Definiując składowe metody Autor kładł nacisk aby opracowana metoda uzyskała lepsze rezultaty niż inne metody. Wykorzystanie symulacji komputerowej do modelowania obiektu badań pozwala budować modele złożonych procesów, gdzie niemożliwe byłoby uchwycenie wszystkich interakcji i sprzężeń zwrotnych między poszczególnymi procesami prostymi za pomocą wzorów matematycznych lub modeli materialnych. Pozwala to również działać poza rzeczywistym procesem, a więc nie wpływa na aktualny stan procesu, który często, będąc jednym z głównych procesów biznesowych, ma wpływ na kondycję przedsiębiorstwa w którym występuje. Drugi krok, czyli określenie miar wydajności, pozwala jasno opisać oczekiwania i sam proces definiowania tych miar oraz ich wartości. Wymusza na użytkowniku rzetelny przegląd potrzeb i klarowne sprecyzowanie swoich oczekiwań, jak i oczekiwań właścicieli. Krok trzeci, służy zaś do optymalizacji oczekiwanych przez decydentów miar wydajności, uzyskiwanych z modelu, dzięki poszukiwaniu nowych, możliwych rozwiązań w zadaniu równoważenia procesu produkcji jednostkowej z niepewnością. Całość, czyli przedstawione trzy kroki, dają kompleksowe rozwiązanie, które może z powodzeniem wspomagać zarządzanie takimi procesami, pozwalając przedsiębiorstwom zwiększać swoją przewagę konkurencyjną, pozwalając na poziomie operacyjnym uzyskać redukcję kosztów i skrócenie czasów przetwarzania projektów.

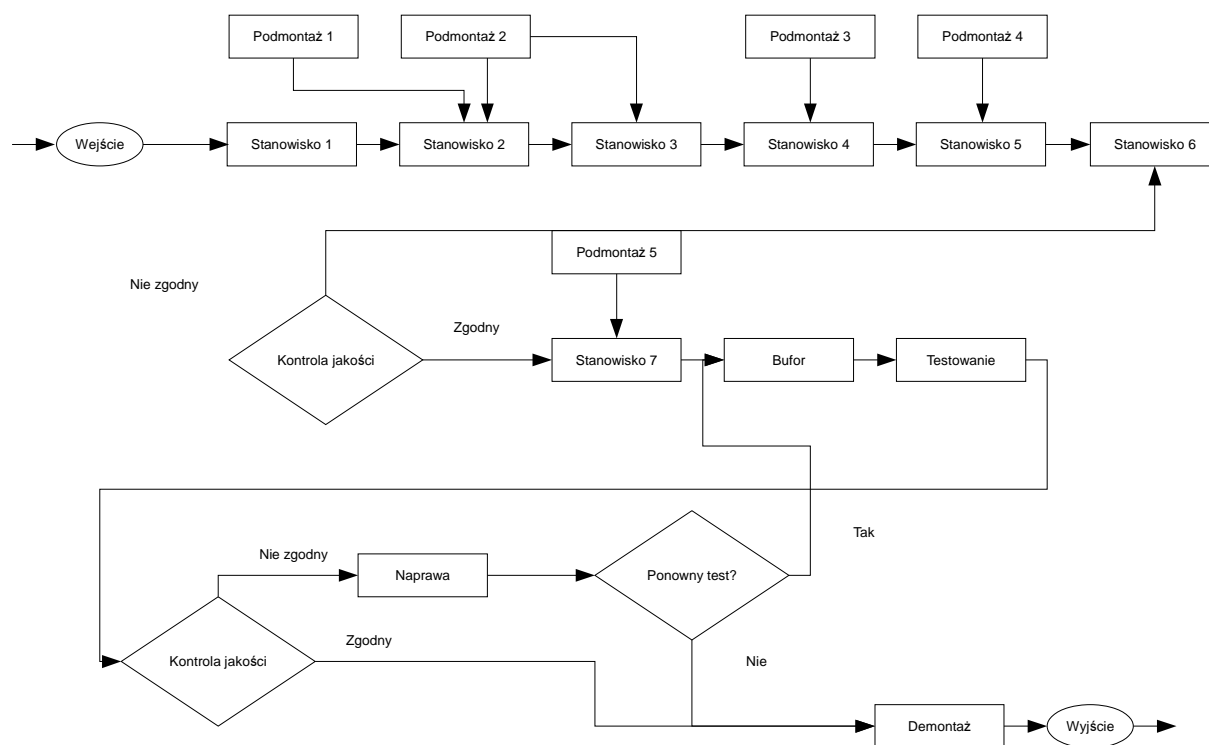
## 4 Weryfikacja praktyczna modelu autorskiego

Aby wykazać, że opracowany model optymalizacji obiektu badań ma zastosowanie w rozwiązywaniu realnych problemów, przeprowadzono jego weryfikację praktyczną. Podczas modelowania przykładowego, rzeczywistego obiektu badań opierano się na głównych założeniach funkcjonującego systemu produkcji jednostkowej. Proces produkcji odpowiada warunkom realizowania jednostkowych projektów, gdyż każdy produkt jest personalizowany do wymagań klienta oraz różni się czasami operacji na poszczególnych stacjach roboczych. Dodatkowo, jak założono w opracowanym modelu, czynnikiem powodującym niepewność tego układu, jest występowanie operacji montażu ręcznego, a tym samym występuje duża zależność od czynnika ludzkiego. Powoduje to naturalną zmienność czasów realizacji operacji. Linia produkcyjna maszyn jest linią montażu ręcznego, składającą się z sześciu stanowisk roboczych w linii głównej i dodatkowych stacji podmontażowych, gdzie realizowany jest montaż komponentów, które następnie montowane są w głównej linii montażowej.

Badany system składa się z 6 stanowisk roboczych, z czego czas przejścia przez każde ze stanowisk powinien trwać nie dłużej niż 8 godzin w zależności od złożoności projektu, który jest przetwarzany. Niestety rzeczywistość i strumień zamówień powodują ciągłą konieczność dostosowywania planu, tak aby zachować produktywność linii oraz terminowość realizacji zamówień na poziomie oczekiwanym przez zarząd oraz klientów. W badanym przykładzie uwzględniono tylko główny obszar montażu. Rysunek 4.1 przedstawia schemat całego systemu produkcyjnego z uwzględnieniem głównych składowych procesów.

Na etapie badań symulacyjnych model został uproszczony. Pominięto funkcje podmontażu, jako niewpływających na przepływ produktu w głównym procesie produkcyjnym. Metodę wykonano dla trzech różnych ustawień parametru  $q_0$ , który oznacza prawdopodobieństwo wybrania ścieżki z najsilniejszym feromonem w poszczególnych węzłach, tak aby pokazać wpływ najsilniejszego rozwiązania na zbieżność w kierunku najlepszego rozwiązania. Przyjęto następujące wartości parametru:

- 5 %
- 25 %



Rysunek 4.1 Schemat procesu produkcji jednostkowej (źródło: opracowanie własne)

Przyjęcie różnych wartości parametrów ma za zadanie ukazać, jak na kolejnych etapach zmienia się działanie algorytmu w zależności od ilości operacji oraz jak to wpływa na zbieżność algorytmu w kierunku ekstremów lokalnych. Przedstawione wyniki to uśredniony rezultat każdego rozwiązania, gdyż dla każdego rozwiązania wykonano po 3 niezależne replikacje modelu symulacyjnego.

#### 4.1 Założenia do modelu produkcji jednostkowej

We wcześniejszych etapach pracy przedstawiono ogólne założenia jakie powinien spełniać obiekt badań, aby mógł być przetwarzany przy użyciu opracowanej metody. W analizowanym przykładzie praktycznym, podobnie jak w każdym innym zastosowaniu, konieczne jest określenie dodatkowych założeń, stanowiących ograniczenia, które pozwolą na to, aby stworzony model symulacyjny lepiej odzwierciedlał badaną rzeczywistość. Poniżej przedstawiono założenia dla modelu symulacyjnego:

- Model przedstawia proces produkcji jednostkowej i jest w stanie przetwarzać w jednym czasie ograniczoną ilość produktów;
- Kolejność wszystkich operacji jest znana dla każdego projektu w momencie wejścia do procesu;

- W procesie przetwarzania możliwe jest powracanie na wcześniejsze stanowiska montażu;
- Zamówienia są znane z określonym z góry wyprzedzeniem;
- Znana jest ilość zasobów dostępnych w danym okresie;
- Ilość stanowisk roboczych równa się  $k$ ;
- Ilość opcji możliwych do wyboru w każdym zamówieniu równa się  $m$ ;
- Niepewność czasu wykonania zadań na poszczególnych stanowiskach opisana jest rozkładem normalnym z określoną z góry wariancją;
- Produkty opuszczają proces wraz z zakończeniem prac na ostatnim stanowisku;
- Wszystkie stanowiska pracują bez awarii;
- Produkty nie mogą opuścić aktualnego stanowiska pracy o ile stanowisko następne nie jest puste;
- Brak buforów pomiędzy stanowiskami;
- Każde zamówienie charakteryzuje się określonymi parametrami;
- Czas przejścia pomiędzy stanowiskami jest pomijany;
- Czas wykonania poszczególnych zadań dla danego produktu został określony na podstawie doświadczenia;
- Podział zasobów pomiędzy stanowiskami – w głównej linii montażowej pracuje 19 osób na 6 stanowiskach montażowych, osoby raz przypisane do stanowiska nie mogą go zmieniać, a więc zasoby raz przypisane, są przypisane do stanowiska, do momentu przetworzenia wszystkich zamówień;
- Projekty wchodzą do procesu w kolejności od 1 do  $n$ .

Parametrami sterującymi w badanym procesie produkcji jednostkowej jest przydzielenie operacji do danych stanowisk roboczych i jest to jedyny parametr, który będzie zmieniany podczas symulacji, tak aby sprawdzić wpływ równoważenia linii produkcyjnej na miary wydajności procesu. Badany proces produkcji jednostkowej zorganizowany jest w układzie linii prostej, a więc produkty przetwarzane są przez kolejne  $k$  stanowisk roboczych w kolejności [1, 2, ...  $n$ ]. Atrybuty zadań są niepewne, a liczba stacji roboczych jest zawsze taka sama. Ograniczeniem dla parametrów sterujących jest to, że jedna stacja montażowa może wykonywać od 3 do 15 pojedynczych operacji,



#### 4.1.1 Parametry wejściowe

- Indeks operacji  $i = \{1, 2, \dots, 50\}$ ,
- Indeks projektu  $j = \{1, 2, \dots, 60\}$ ,
- Liczba możliwych operacji  $m = 50$ ,
- Liczba projektów  $n = 60$ ,
- Liczba stanowisk roboczych do których należy przypisać operacje od 1 do  $m$ ,  $k = 6$ ,
- Czas trwania poszczególnych operacji  $t$ ,
- Wskaźnik występowania operacji  $i$  w projekcie  $j$ ,  $b_{ij} = 1$ , jeżeli operacja występuje,  $b_{ij} = 0$ , jeżeli operacja nie występuje,
- Zbiór wszystkich operacji o wielkości  $m$  i indeksie  $i$ ,  $O = \{o_1, o_2, \dots, o_{50}\}$ , gdzie każda z operacji jest opisana nazwą zwyczajową np.
  - $o_1$  - wiercenie otworów pod kabinę,
  - $o_2$  - montaż głównej wiązki elektrycznej,
  - ...
  - $o_{50}$  - odpalenie maszyny,

Ze względu na małe znaczenie tego nazewnictwa w rozważaniach teoretycznych, operacje są przedstawiane zgodnie z zasadą  $o_1, o_2, \dots, o_{50}$ .

- Zbiór stanowisk roboczych w procesie o wielkości  $k$ ,  $S = \{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6\}$ , opisane nazwą zwyczajową
  - $S_1$  - stanowisko 1,
  - $S_2$  - stanowisko 2,
  - $S_3$  - stanowisko 3,
  - $S_4$  - stanowisko 4,
  - $S_5$  - stanowisko 5,
  - $S_6$  - stanowisko 6,
- Wektor czasów wykonania poszczególnych operacji o wielkości  $1 \times m$ , i indeksie  $i$  odpowiadającym poszczególnej operacji,  $T = [t_1, t_2, \dots, t_m]$
- Macierz występowania operacji  $i$  w projekcie  $j$ 
$$M = [b_{11} \ b_{12} \ \dots \ b_{1m} \ b_{21} \ b_{22} \ \dots \ b_{2m} \ \dots \ \dots \ \dots \ b_{n1} \ b_{n2} \ \dots \ b_{nm}]$$
- Okres przedbiegu – okres przedbiegu został ustalony na 10 dni, tak aby wszystkie stanowiska przetwarzały produkty,
- Okres trwania jednego badania – okres trwania jednej replikacji został ustalony na 60 dni po 8 h dziennie, odpowiada to 3 miesiącom pracy procesu produkcyjnego,

- Ilość niezależnych powtórzeń. Dla każdej wartości parametrów sterujących wykonane zostaną 3 replikacje modelu z tymi ustawieniami. Jako wynik dla danych parametrów sterujących wykorzystany zostanie w tym wypadku średni wynik z wszystkich replikacji dla danego ustawienia.

#### 4.1.2 Parametry wyjściowe

- Czas przejścia,
- Czas cyklu,
- Wydajność,
- Wykorzystanie zasobów.

Parametry wyjściowe są to parametry uzyskiwane jako dane pochodzące z modelu symulacyjnego.

#### 4.1.3 Cel 1: Średni czas przejścia $T_{sr}$

Czas przejścia jest to czas pomiędzy wejściem projektu do procesu produkcji, a wyjściem z procesu produkcji. Jest to istotny parametr dla procesów produkcji jednostkowej, który pozwala planować terminy wykonania poszczególnych projektów oraz pozwala spełniać oczekiwania klienta względem terminowości dostaw. Spełnienie tego celu jest najważniejszym zadaniem dla procesu produkcyjnego i przedsiębiorstw działających na rynku, gdzie istnieje silna konkurencja. Niedostarczenie produktu lub usługi na czas powoduje zazwyczaj utratę wiarygodności, co najczęściej wiąże się z utratą klientów, a więc i części rynku. Oczekiwany czas przejścia  $T$  przez proces produkcji określany jest przez decydenta procesu. W badanym przypadku średni czas przejścia  $T_{sr}$  jest wyrażony w dniach i wyznaczany jest w następujący sposób:

$$T_{sr} = \frac{\sum_{j=1}^n (T_{wy}^j - T_{we}^j)}{n} \quad (44)$$

gdzie:

$n$  – liczba projektów,

$j = \{1, 2, \dots, n\}$  - indeks projektu,

$T_{sr}$  – średni czas przejścia projektu przez proces,

$T_{we}^j$  – czas wejścia do procesu produkcji projektu  $j$ ,

$T_{wy}^j$  - czas wyjścia z procesu produkcji projektu  $j$ .

Podczas określania oczekiwanej wartości czasu przejścia przez proces produkcji decydent musi określić poniżej wymienione wartości:

- poziom aspiracji  $c_1$ , czyli oczekiwana wartość średniego czasu przejścia przez proces produkcji  $T_{sr}$ ,
- górny poziom tolerancji  $G_1$  wartości średniego czasu przejścia przez proces produkcji, powyżej tej wartości proces nie jest w stanie spełnić oczekiwań.

Do oceny działania w studium przypadku określono następujące wartości dla celu 1:

- $c_1 = 5$  dni,
- $G_1 = 10$  dni.

Funkcja przynależności dla tego celu prezentuje się następująco, i jest przedstawiono na rysunku 4.2:

$$u_k \begin{cases} 1, & \text{jeżeli } T_{sr} \leq 5, \\ \frac{10 - T_{sr}}{10 - 5} & \text{jeżeli } 5 \leq T_{sr} \leq 10, \\ 0 & \text{jeżeli } T_{sr} > 10 \end{cases} \quad (45)$$



Rysunek 4.2 Funkcja przynależności dla czasu przejścia w procesie produkcji

#### 4.1.4 Cel 2: Efektywność produkcji nie powinna być niższa niż $E$

Efektywność linii produkcyjnej  $E$  rozumiana jest tu jako ilość dostępnych godzin do produkcji wynikających ze specyfikacji produktów w stosunku do godzin, które w rzeczywistości zostały wypracowane przez pracowników obszaru produkcji. Czyli, np. montaż jednej operacji powinien zajmować 8 h, ale z powodu opóźnień itp. zajmuje 10 h. Wskaźnik ten pokazuje jak duże jest niewykorzystanie zasobów oraz w jakim stopniu w obszarach produkcyjnych ułożenie pracy jest nieoptymalne w stosunku do oczekiwań. Należy przypomnieć, że na efektywność mają wpływ wszystkie czynniki takie jak złe zrównoważenie linii, niedostarczanie materiału na czas, lub błędy jakościowe podczas procesu montażu. Efektywność wyliczana jest poprzez zliczenie sumy godzin wynikających

z przetworzonych w danym okresie projektów i ich specyfikacji  $h_s$ , w stosunku do godzin które zostały wypracowane przez pracowników  $h_p$ .

$$E = \frac{h_s}{h_p} \quad (46)$$

Gdzie:

$E$  – efektywność procesu produkcji,

$h_s$  - godziny które powinny być poświęcone na produkcje wg specyfikacji (normy),

$h_p$  - godziny przepracowane przez pracowników.

Podczas określania oczekiwanej wartości efektywności procesu produkcji decydent musi określić poniżej wymienione wartości:

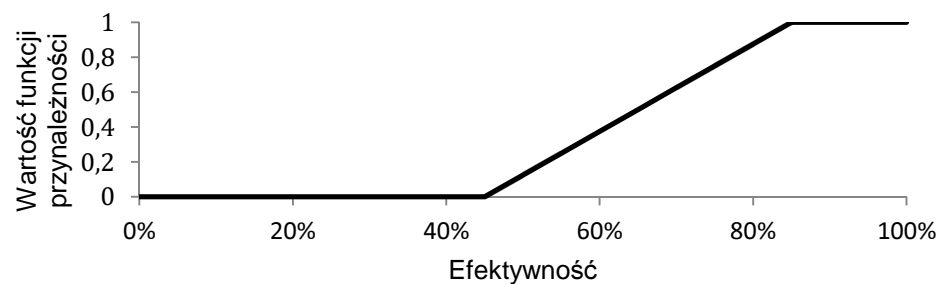
- poziom aspiracji  $c_2$ , czyli oczekiwana wartość efektywności  $E$ ,
- dolny poziom tolerancji  $D_2$  wartości efektywności procesu produkcji, poniżej tej wartości proces nie jest w stanie spełnić oczekiwań.

Do oceny działania w studium przypadku określono następujące wartości dla celu 1:

- $c_2 = 85\%$ ,
- $D_2 = 45\%$ .

Funkcja przynależności dla tego celu prezentuje się następująco, i jest przedstawiono na rysunku 4.3:

$$u_k \begin{cases} 1, & \text{jeżeli } C_p(x) \geq 85\%, \\ \frac{E - 45\%}{85\% - 45\%} & \text{jeżeli } 45\% \leq E \leq 85\%, \\ 0 & \text{jeżeli } E < 45\% \end{cases} \quad (47)$$



Rysunek 4.3 Funkcja przynależności efektywności

Po ustaleniu celów jakie należy osiągnąć podczas modelowania i optymalizacji procesu produkcji jednostkowej następuje przedstawienie funkcji kryterialnej, służącej ocenie procesu. Funkcja ta prezentuje się następująco:

$$f(\mu) = \sum_{k=1}^2 w_k \mu_k \quad (48)$$

czyli:

$$f(\mu) = 0,7 * T_{sr} + 0,3 * E \quad (49)$$

Tak określona funkcja kryterialna służy ocenie przystosowania procesu złożonego by spełniał oczekiwania użytkownika tego systemu. Przedstawiona funkcja zawiera w sobie dwie kluczowe, dla praktycznych użytkowników, miary przystosowania, które pozwalają stwierdzić czy system pozwala przetworzyć projekty zgodnie z oczekiwaniami klientów oraz czy wykorzystana do tego ilość zasobów, odpowiada zapotrzebowaniu wynikającemu z pracochłonności powierzonych zadań lub czy nie jest wyraźnie przeszacowana i czy są one w pełni wykorzystywane. Można przyjąć zatem, że określono kryterium oceny procesu, a więc wiązkę celów wraz z wartościami oczekiwanymi i wartościami granicznymi oraz zidentyfikowano postać funkcji kryterialnej. Kończy to krok określania kryterium i pozwala na przejście do kolejnego kroku autorskiej metody, jakim jest optymalizacja zbudowanego modelu tak, aby osiągnąć maksymalną wartość określonej funkcji kryterialnej.

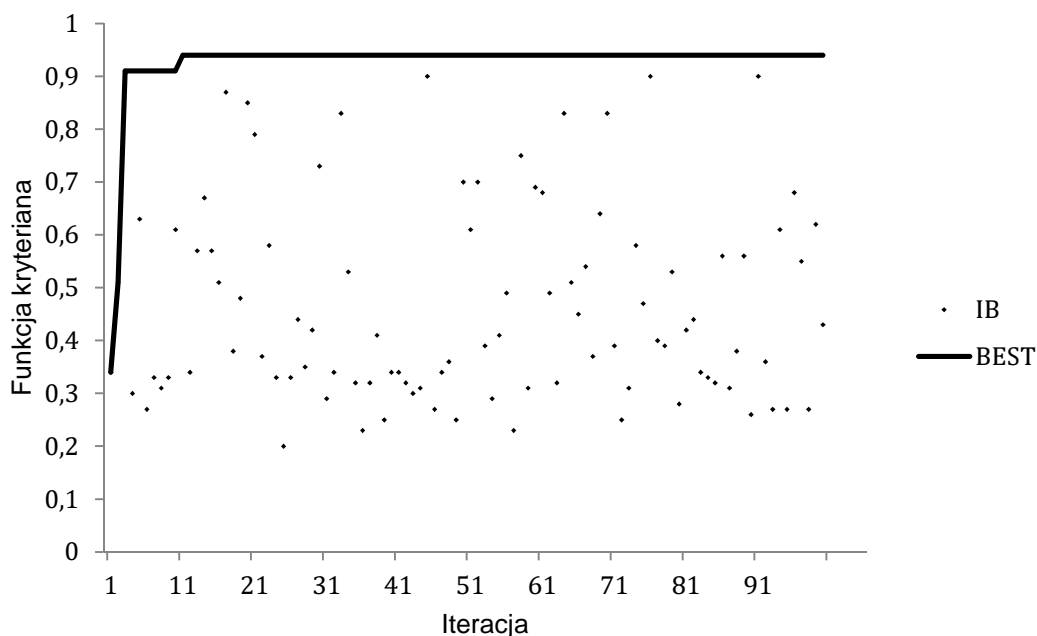
Poniżej przedstawiono cele, które są stawiane wobec badanego systemu produkcyjnego, określone wg decydenta procesu produkcji jednostkowej:

- ilość celów  $p = 2$ ,
- waga pierwszego celu  $w_1 = 0,7$ ,
- waga drugiego celu  $w_2 = 0,3$ .

## 4.2 Wyniki uzyskane dla działania metody z współczynnikiem $q_0=0.05$

Na rysunku 4.4 przedstawiono najlepsze wyniki uzyskiwane w każdej z kolejnych 100 iteracji populacji agentów mrówek. W pierwszej populacji jednej z osobników uzyskał niską wartość funkcji kryterialnej mniejszą od 0,4. Świadczy to, że osiągnięcie maksimum wymaga dalszych badań. Zdarzyła się iteracja w której wartość funkcji kryterialnej była mniejsza od 0,3, co świadczy o dużej przestrzeni rozwiązań, które są sprawdzane podczas działania

metody. Podczas dwóch iteracji udało się uzyskać możliwą wartość funkcji kryterialnej większą od 0,9, a więc uzyskano rozwiązanie, które może spełnić oczekiwania decydentów badanego procesu produkcji jednostkowej, pozostawiając wciąż możliwość optymalizacji do zadanej wartości funkcji kryterialnej. Jako IB na wykresie oznaczono najlepszego osobnika w iteracji, zaś jako BEST oznaczone jest najlepsze dotychczas osiągnięte rozwiązanie.



Rysunek 4.4 Najlepsze wyniki uzyskane w poszczególnych iteracjach dla  $q_0=0.05$

W tabeli 4.1 przedstawiono najlepsze wyniki uzyskane dla kolejnych iteracji populacji dla parametru  $q_0=0.05$ . Już od pierwszej iteracji udało uzyskać się wartość funkcji kryterialnej powyżej 0,3, gdzie średni czas przejścia był minimalnie większy od najniższej wartości tego parametru, która daje wartość funkcji przynależności większą od 0, a średnia efektywność jest mniejsza o 5% od oczekiwanej wartości. Wartość funkcji kryterialnej większa od 0,3 w tym wypadku wynika z tego, że jeden z przebiegów symulacyjnych uzyskał wynik lepszy od 10 dni, co spowodowało, że średnia wartość funkcji kryterialnej dla tego rozwiązania przekroczyła 0,3. Wynika to z niepewności, która została zasymulowana w modelu. Podczas całego działania metody optymalizacyjnej nie udało się uzyskać wartość funkcji kryterialnej równej 1, a więc przy badanych warunkach nie udało się spełnić oczekiwań decydenta tego systemu. Jednak, otrzymane wartości powyżej 0,9 pozwalają wnioskować, że zastosowanie rozwiązania otrzymanego poprzez wykorzystanie opracowanej metody pozwoli na otrzymanie oczekiwanych rozwiązań w realnym procesie produkcji jednostkowej lub weryfikację oczekiwań względem systemu. Zwracając uwagę na parametr średniego czasu

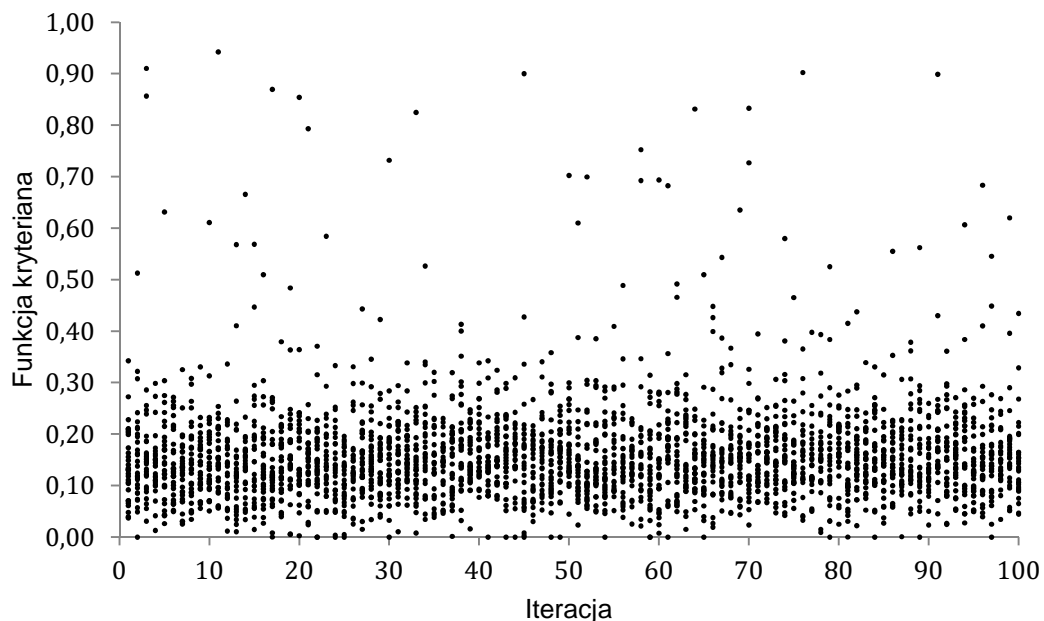
przejścia można zobaczyć jak duży potencjał tkwi jeszcze w systemie, gdyż wartości te w poszczególnych iteracjach różnią się o ponad 50%, co z kolei pokazuje, że opracowana metoda może w pierwszej kolejności pozwalać ustawić bieżący proces produkcji, a późniejsza analiza otrzymanych wyników umożliwi dalsze doskonalenie procesu, poprzez odpowiednie, iteracyjne dostosowywanie wartości poszczególnych pojedynczych kryteriów modelu w przyszłości.

Tabela 4.1 Najlepsze rozwiązania dla każdej iteracji dla  $q_0=0.05$

Iteracja	Funkcja kryterialna	średni czas przejścia	średnia efektywność	Iteracja	Funkcja kryterialna	średni czas przejścia	średnia efektywność
1	0,34	10,34	0,80	51	0,61	7,31	0,76
2	0,51	8,27	0,69	52	0,70	7,14	0,86
3	0,91	5,24	0,82	53	0,39	9,25	0,78
4	0,30	11,05	0,78	54	0,29	12,57	0,84
5	0,63	7,17	0,76	55	0,41	8,73	0,76
6	0,27	11,29	0,81	56	0,49	7,82	0,71
7	0,33	9,71	0,77	57	0,23	10,89	0,76
8	0,31	10,81	0,81	58	0,75	6,65	0,89
9	0,33	9,48	0,79	59	0,31	9,40	0,76
10	0,61	7,60	0,82	60	0,69	7,19	0,95
11	0,94	4,80	0,81	61	0,68	6,99	0,80
12	0,34	9,26	0,74	62	0,49	8,42	0,81
13	0,57	7,72	0,80	63	0,32	9,26	0,69
14	0,67	7,35	0,84	64	0,83	5,22	0,79
15	0,57	7,76	0,79	65	0,51	8,03	0,76
16	0,51	8,03	0,76	66	0,45	8,82	0,83
17	0,87	5,75	0,82	67	0,54	7,74	0,75
18	0,38	8,88	0,75	68	0,37	9,50	0,77
19	0,48	8,53	0,80	69	0,64	6,72	0,75
20	0,85	5,97	0,84	70	0,83	6,11	0,83
21	0,79	5,90	0,74	71	0,39	8,86	0,70
22	0,37	10,97	0,84	72	0,25	10,47	0,77
23	0,58	7,82	0,83	73	0,31	9,66	0,75
24	0,33	10,23	0,76	74	0,58	7,52	0,76
25	0,20	13,91	0,71	75	0,47	8,27	0,75
26	0,33	9,55	0,80	76	0,90	5,37	0,88
27	0,44	8,17	0,70	77	0,40	9,08	0,75
28	0,35	9,27	0,74	78	0,39	9,04	0,78
29	0,42	8,45	0,66	79	0,53	7,77	0,73
30	0,73	6,91	0,95	80	0,28	10,18	0,75
31	0,29	12,09	0,82	81	0,42	8,76	0,77
32	0,34	10,69	0,79	82	0,44	8,61	0,71
33	0,83	4,75	0,77	83	0,34	8,68	0,66
34	0,53	8,17	0,81	84	0,33	10,15	0,67
35	0,32	10,37	0,73	85	0,32	9,41	0,69
36	0,23	10,21	0,66	86	0,56	8,03	0,82
37	0,32	10,60	0,87	87	0,31	10,31	0,66
38	0,41	9,82	0,80	88	0,38	8,78	0,72
39	0,25	11,76	0,78	89	0,56	8,08	0,84
40	0,34	9,66	0,72	90	0,26	11,19	0,79
41	0,34	9,55	0,80	91	0,90	5,19	0,81
42	0,32	9,17	0,72	92	0,36	9,70	0,72
43	0,30	10,61	0,85	93	0,27	14,03	0,81
44	0,31	9,46	0,71	94	0,61	7,77	0,84
45	0,90	5,32	0,84	95	0,27	10,02	0,75
46	0,27	10,80	0,75	96	0,68	6,74	0,75
47	0,34	10,29	0,85	97	0,55	7,76	0,76
48	0,36	9,63	0,75	98	0,27	10,45	0,78
49	0,25	11,26	0,79	99	0,62	7,43	0,80
50	0,70	6,23	0,77	100	0,43	9,08	0,76

Na rysunku 4.5 przedstawiono wyniki uzyskane dla każdego osobnika – „mrówki” w każdej kolejnej iteracji algorytmu. Wyraźnie widoczne jest skupienie wyników większości rozwiązań w przedziale wartości funkcji kryterialnej pomiędzy 0 a 0,2 co pokazuje, że możliwe jest wiele rozwiązań, które nie dają oczekiwanych rezultatów. Zdarzają się też przypadki, gdzie wartość funkcji kryterialnej jest równa 0, a więc są to rozwiązania będące poza oczekiwaniami decydentów badanego procesu. Wartość funkcji przynależności dla średniego czasu przejścia osiągnęła dwa razy wartość 1, zaś dla średniej efektywności udało uzyskać się wartość 1 w kilku przypadkach. Niewielka ilość rozwiązań, przekroczyła wartość 0,9, co pokazuje jak wysokie wymagania stawiane są, wobec badanego procesu produkcji jednostkowej z niepewnością.

Wyniki działania algorytmu optymalizacyjnego dla wartości parametru  $q_0=0.05$  można uznać za udane, gdyż otrzymano rozwiązanie bardzo bliskie względem oczekiwania użytkowników badanego systemu, w akceptowalnym czasie.



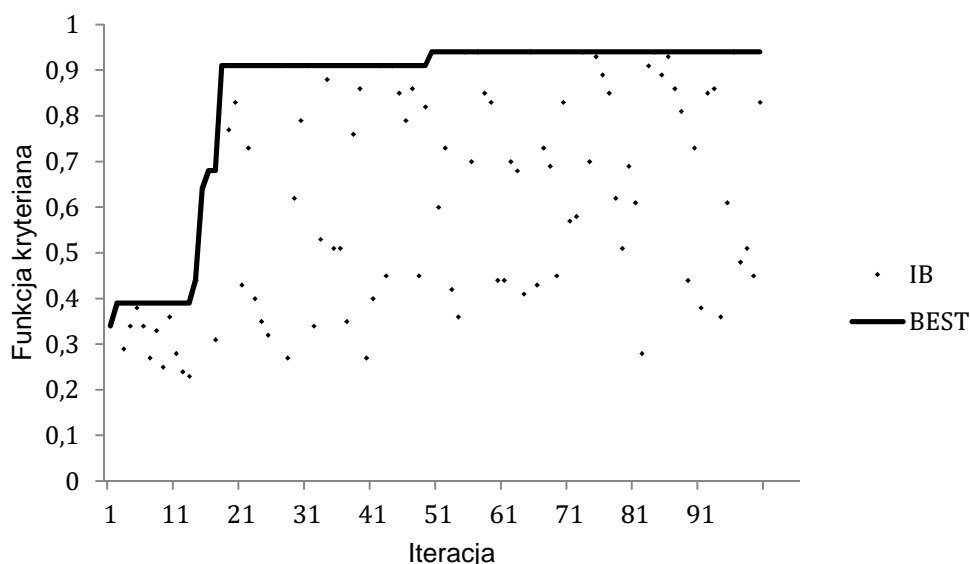
Rysunek 4.5 Wartość funkcji kryterialnej dla wszystkich rozwiązań w poszczególnej iteracji dla  $q_0=0.05$

### 4.3 Wyniki uzyskane dla działania metody z współczynnikiem $q_0=0.25$

Na rysunku 4.6 przedstawiono najlepsze wyniki uzyskiwane w każdej z kolejnych 100 iteracji populacji agentów mrówek. W pierwszej populacji jednej z osobników uzyskał zaledwie wartość funkcji kryterialnej większą od 0,3. Można zauważyć jednak, że nie wszystkie iteracje dawały co najmniej tak samo dobre wyniki, jednak w każdej iteracji co



najmniej jedno rozwiązanie dawało wynik funkcji kryterialnej powyżej 0,2. W 10 iteracjach udało się uzyskać maksymalną możliwą wartość funkcji kryterialnej, zbliżoną do maksymalnej równej 1, a więc można założyć, że uzyskano rozwiązanie, które spełnia oczekiwania decydentów badanego procesu produkcji jednostkowej. Jako IB na wykresie oznaczono najlepszego osobnika w iteracji, zaś jako BEST oznaczone jest najlepsze dotychczas osiągnięte rozwiązanie.



Rysunek 4.6 Najlepsze wyniki uzyskane w poszczególnych iteracjach dla  $q_0=0.25$

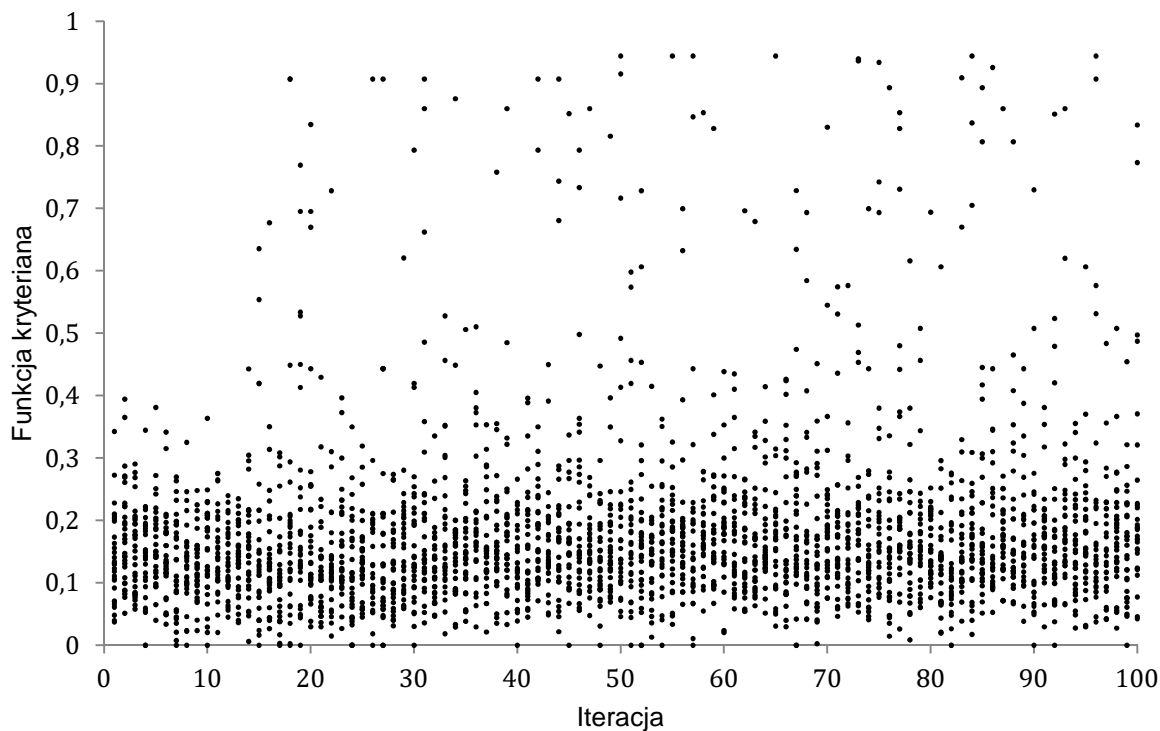
W tabeli 4.2 pokazano najlepsze wyniki, otrzymane dla każdej ze stu iteracji wraz z wartościami pojedynczych kryteriów, takich jak średni czas przejścia oraz efektywność. Wartość funkcji kryterialnej powyżej 0,6 udało uzyskać się dopiero w 15 iteracji. Wartość funkcji kryterialnej powyżej 0,9 uzyskano 26 iteracji.

Tabela 4.2 Najlepsze rozwiązania dla każdej iteracji dla  $q_0=0.25$

Iteracja	Funkcja kryterialna	średni czas przejścia	średnia efektywność	Iteracja	Funkcja kryterialna	średni czas przejścia	średnia efektywność
1	0,34	10,34	0,80	51	0,60	6,95	0,69
2	0,39	9,61	0,79	52	0,73	6,33	0,78
3	0,29	9,82	0,79	53	0,42	9,00	0,74
4	0,34	9,26	0,75	54	0,36	9,61	0,80
5	0,38	10,29	0,75	55	0,94	3,57	0,78
6	0,34	10,08	0,73	56	0,70	6,59	0,75
7	0,27	10,49	0,81	57	0,94	3,57	0,78
8	0,33	10,56	0,79	58	0,85	4,05	0,72
9	0,25	13,41	0,78	59	0,83	5,38	0,74
10	0,36	9,04	0,76	60	0,44	8,40	0,73

11	0,28	9,60	0,74	61	0,44	8,83	0,81
12	0,24	13,76	0,77	62	0,70	6,69	0,76
13	0,23	11,09	0,73	63	0,68	6,49	0,73
14	0,44	9,13	0,95	64	0,41	9,73	0,73
15	0,64	6,72	0,75	65	0,94	3,57	0,78
16	0,68	6,97	0,79	66	0,43	8,59	0,76
17	0,31	9,63	0,76	67	0,73	6,13	0,75
18	0,91	5,20	0,78	68	0,69	6,77	0,77
19	0,77	6,47	0,82	69	0,45	9,00	0,74
20	0,83	5,59	0,81	70	0,83	5,78	0,84
21	0,43	9,09	0,83	71	0,57	7,61	0,77
22	0,73	6,33	0,78	72	0,58	7,24	0,70
23	0,40	8,37	0,68	73	0,94	4,51	0,81
24	0,35	9,34	0,71	74	0,70	6,59	0,75
25	0,32	10,56	0,86	75	0,93	4,86	0,78
26	0,91	5,20	0,78	76	0,89	4,91	0,76
27	0,91	5,20	0,78	77	0,85	4,05	0,72
28	0,27	9,60	0,73	78	0,62	7,74	0,87
29	0,62	7,35	0,78	79	0,51	8,85	0,81
30	0,79	5,90	0,74	80	0,69	7,18	0,85
31	0,91	5,20	0,78	81	0,61	7,77	0,84
32	0,34	9,68	0,74	82	0,28	10,23	0,70
33	0,53	7,69	0,72	83	0,91	4,83	0,76
34	0,88	5,53	0,79	84	0,94	3,57	0,78
35	0,51	7,79	0,71	85	0,89	4,91	0,76
36	0,51	7,95	0,75	86	0,93	5,40	0,85
37	0,35	9,06	0,63	87	0,86	5,25	0,75
38	0,76	6,18	0,75	88	0,81	5,43	0,73
39	0,86	5,25	0,75	89	0,44	8,17	0,70
40	0,27	10,25	0,71	90	0,73	6,70	0,81
41	0,40	8,68	0,73	91	0,38	9,24	0,78
42	0,91	5,20	0,78	92	0,85	5,61	0,84
43	0,45	8,82	0,83	93	0,86	5,25	0,75
44	0,91	5,20	0,78	94	0,36	9,34	0,80
45	0,85	5,22	0,80	95	0,61	7,77	0,84
46	0,79	5,90	0,74	96	0,94	3,57	0,78
47	0,86	5,25	0,75	97	0,48	9,41	0,85
48	0,45	8,78	0,82	98	0,51	7,81	0,72
49	0,82	6,06	0,86	99	0,45	9,31	0,80
50	0,94	3,57	0,78	100	0,83	5,43	0,79

Wynik poprawiono następnie w 50 iteracji o wartość 0,03. Kilka razy udało się uzyskać maksymalną wartość funkcji przynależności dla kryterium średniego czasu przejścia oraz kryterium efektywności. Nie udało się jednak uzyskać najlepszych wartości tych dwóch parametrów w jednym rozwiązaniu, co pokazuje, jak istotne jest uwzględnianie wielokryterialności przy tego typu zadaniach.



Rysunek 4.7 Wartość funkcji kryterialnej dla wszystkich rozwiązań w poszczególnej iteracji dla  $q_0=0.25$

Rysunek 4.7 pokazuje wartości otrzymane dla wszystkich osobników w danej iteracji. Widać tutaj wyraźne skupienie większości wyników pomiędzy wartościami 0,1 i 0,2. Pokazuje to jednocześnie jak trudne jest znalezienie optymalnego rozwiązania dla przedstawionego problemu. Niewielka ilość spośród 3000 rozwiązań przekracza wartość funkcji kryterialnej 0,5. Jednak uzyskane wyniki dla działania algorytmu optymalizacyjnego dla wartości parametru  $q_0=0.25$  można uznać za udane. Potwierdzenie tego jest fakt, że otrzymano rozwiązanie bardzo bliskie względem oczekiwania użytkowników badanego systemu i co istotne - otrzymano je w akceptowalnym czasie.

#### 4.4 Wyniki uzyskane dla rozwiązań proponowanych przez eksperta

Jednym z kroków weryfikacji metody jest sprawdzenie jakie wyniki można uzyskać poprzez podział zaproponowany przez eksperta procesu produkcji jednostkowej. Zaproponowane ustawienia nie dały tak samo dobrych wyników jak rozwiązania znalezione za pomocą algorytmu ewolucyjnego, które znajduje się w metodzie. Wyniki te były generowane w tym samym modelu symulacyjnym. Pokazuje to, że zasadne jest zastosowanie do poszukiwania rozwiązania odpowiednich algorytmów optymalizacyjnych, gdyż w szybkim czasie są w stanie przeszukać dużą przestrzeń możliwych rozwiązań. Tabela 5.4 przedstawia

wyniki uzyskane poprzez zastosowanie popularnych w tego typu problemach ustawień, czyli np. równa ilość operacji na danej stacji.

Tabela 4.3 Wyniki uzyskane dla ustawień eksperta

Ustawienie	Funkcja kryterialna	Średni czas przejścia	Średnia efektywność
1	0,25	11,73	0,78
2	0,13	16,66	0,63
3	0,27	12,29	0,81
4	0,17	11,54	0,67
5	0,05	18,97	0,52

Wyniki uzyskane dla zaproponowanych rozwiązań, nie osiągnęły wartości bliskiej funkcji kryterialnej równej 1. Słabym punktem rozwiązań proponowanych przez ekspertów jest to, że wygenerowanie każdego rozwiązania zajmuje więcej czasu, niż wygenerowanie takiej propozycji przez algorytm optymalizacyjny. Najlepszy uzyskany przez eksperta wynik uzyskał dobry poziom efektywności, niestety jednak ich wartość praktyczna była znikoma - wartość funkcji przynależności dla średniego czasu przejścia wyniosła 0.

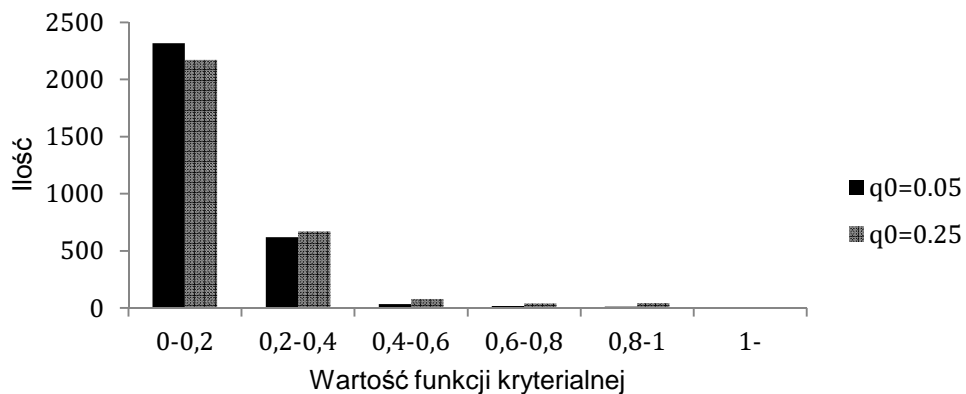
#### 4.5 Porównanie wyników

Poniżej przedstawiono porównanie działania metody dla  $q_0=0.5$  i  $q_0=0.25$ . Tabela 4.4 pokazuje ile rozwiązań znalazło się w danym przedziale wartości funkcji kryterialnej. Algorytm optymalizacyjny uzyskał lepsze rozwiązania dla wartości parametru  $q_0=0.25$ . Przy tej wartości parametru, uzyskano prawie 4 więcej rozwiązań powyżej 0,8, oraz ponad dwa razy więcej rozwiązań w przedziale od 0,6 do 0,8. Świadczy to o większej zbieżności w kierunku najlepszego rozwiązania. Może to być również wadą, gdyż może prowadzić do przedwczesnej zbieżności, jednak przy tego typu zadaniu, najważniejsze jest osiągnięcie wartości jak najbardziej zbliżonej do oczekiwań decydentów, która to wartość opisana jest za pomocą rozmytego programowania celu, a więc odpowiednich funkcji przynależności.

Tabela 4.4 Ilość wystąpień funkcji kryterialnej w przedziale w zależności od  $q_0$

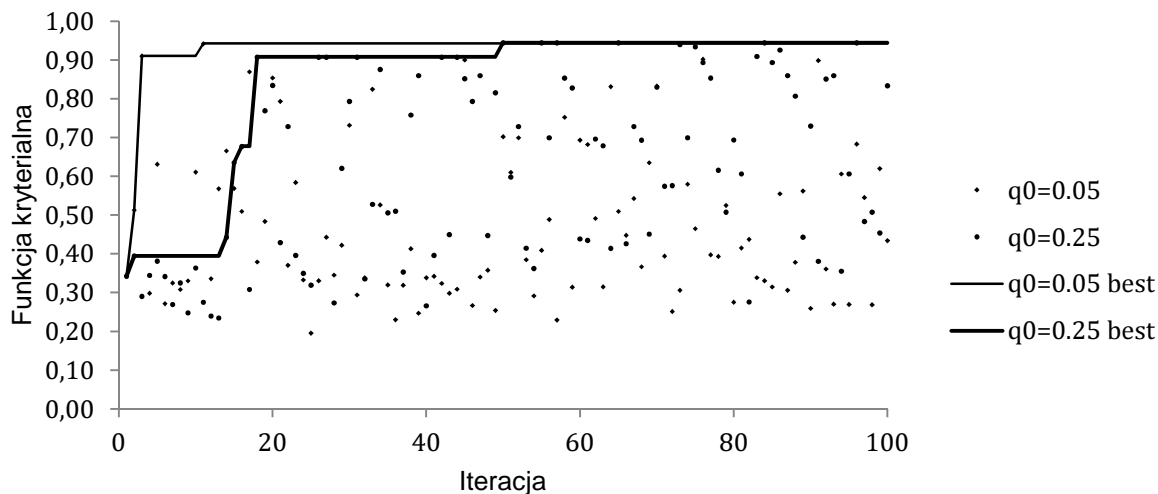
Dolna granica	Górna granica	ilość	
$\geq$	$<$	$q_0=0.05$	$q_0=0.25$
0	0,2	2318	2172
0,2	0,4	620	669
0,4	0,6	34	78
0,6	0,8	17	39
0,8	1	11	42
1		0	0

Rysunek 4.8 obrazuje w jaki sposób rozwiązania dla większej wartości parametru  $q_0$  są bliższe oczekiwaniom decydentów tego systemu. Zauważalne jest, że rozwiązań w pierwszym przedziale jest mniej, tak aby rosnać w kolejnych przedziałach, które odpowiadają lepszym wynikom uzyskiwanym przez proces. W zależności od potrzeb parametr ten powinien być dobierany eksperymentalnie, w zależności od potrzeb użytkownika. Pozwala on regulować zbieżność kolejnych rozwiązań w kierunku najlepszego rozwiązania. Daje on również elastyczność, jeżeli chcemy uzyskać dużą ilość dobrych rozwiązań i na ich podstawie prowadzić dalsze wnioskowanie lub dużą ilość rozwiązań z większej przestrzeni.

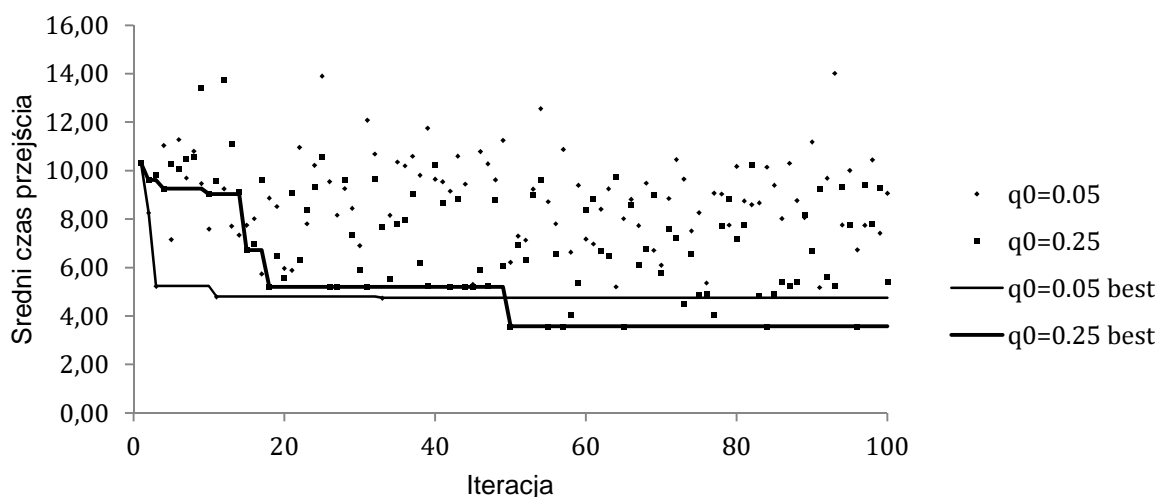


Rysunek 4.8 Ilość wystąpień wartości funkcji kryterialnej w przedziale w zależności od  $q_0$

Rysunek 4.9 przedstawia porównanie wartości funkcji kryterialnej, uzyskiwanej dla najlepszego rozwiązania dotychczas oraz dla najlepszego rozwiązania w danej iteracji. Na wykresie zauważalne jest, że w początkowej fazie lepsze wyniki uzyskano dla mniejszej wartości parametru  $q_0$ . Jednak w iteracji 50 algorytm z większą wartością parametru uzyskał lepszy wynik wartości funkcji kryterialnej. Zauważalna jest również wyraźna różnica w wartościach, w poszczególnych iteracjach. W przypadku większej wartości parametru, a co za tym idzie, większej zbieżności w kierunku najlepszego otrzymanego dotychczas rozwiązania wyraźnie widać, że wartości te są lepsze w poszczególnych przebiegach.



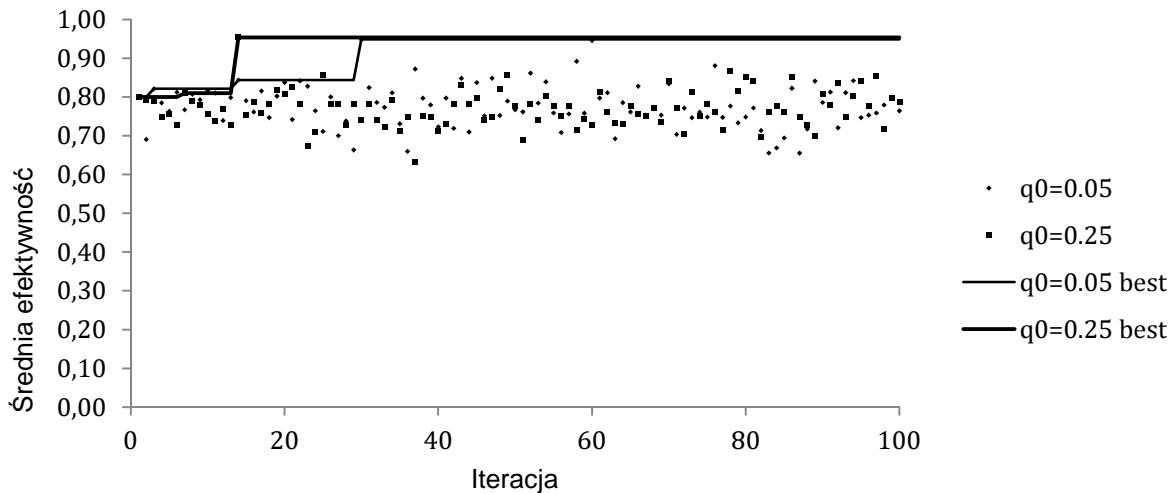
Rysunek 4.9 Wartości funkcji kryterialnej w iteracjach dla  $q_0=0.05$  i  $q_0=0.25$



Rysunek 4.10 Średni czas przejścia dla najlepszego rozwiązania w iteracjach dla  $q_0=0.05$  i  $q_0=0.25$

Rysunek 4.10 przedstawia porównanie wartości średniego czasu przejścia. W kolejnych iteracjach widać wyraźną poprawę tego parametru w wyniku działania algorytmu ewolucyjnego. Jak wynika z funkcji przynależności, to kryterium było minimalizowane w wyniku działania metody. Tym samym im mniejsza wartość średniego czasu przejścia, tym większa wartość funkcji przynależności. W pierwszej iteracji wartość kryterium nie dawała dobrego wyniku. Jednak od około 10 iteracji udało się, uzyskać wynik, który spełnia oczekiwania decydentów równe 5 dniom badanego procesu produkcji jednostkowej. W przypadku większej wartości parametru  $q_0$  algorytm 6 razy poprawiał wartość tego kryterium, aż uzyskał wartość poniżej 4 dni, co jest bardzo dobrym wynikiem, znacząco

poniżej oczekiwań decydentów, co do minimalizacji średniego czasu przejścia. Pokazuje to, że dzięki metodzie można wyznaczyć nowe oczekiwania względem systemu, których wcześniej nawet nie brało się pod uwagę. Dzięki temu możliwy jest ciągły rozwój procesu, z którym pracujemy.



Rysunek 4.11 Średnia efektywność dla najlepszego rozwiązania w iteracjach dla  $q_0=0.05$  i  $q_0=0.25$

Rysunek 4.11 przedstawia, wartość średniej efektywności dla najlepszych rozwiązań w danej iteracji oraz wartość tego parametru dla najlepszego osiągniętego rozwiązania. Wartości tego kryterium dla  $q_0=0.25$  osiągają lepsze wyniki. Jednak samo kryterium poprawiane jest zaledwie 2 lub 3 razy w zależności od wartości parametru, w kolejnych iteracjach. Pokazuje to, że jest znacznie łatwiejsze osiągnięcie wyniku spełniającego wymagania decydentów, niż w przypadku średniego czasu przejścia.

Zastosowany algorytm symulacji pozwolił na uzyskanie satysfakcjonujących wyników, osiągając wartość funkcji kryterialnej bliską możliwemu maksimum. Różnice wynikające z zastosowania parametru  $q_0$  miały na celu pokazanie, jak można dodatkowo dostosowywać zastosowaną metodę optymalizacji do swoich wymagań, i decydować czy zależy nam na szybkim, dobrym wyniku czy na przeszukaniu jak największej przestrzeni rozwiązań. Decyzje te powinny być podejmowane podczas działania metody w rzeczywistym procesie. Porównanie do wyników uzyskanych przez ustawienia zaproponowane przez ekspertów pokazało, że metoda optymalizacji może dać lepsze rozwiązania. Dzięki czemu, eksperci mogą przeznaczyć czas, który straciliby na analizowanie możliwych rozwiązań, na inne ważniejsze z punktu widzenia prowadzonej działalności zadania.

Opracowana metoda autorska wykorzystuje symulacje, elementy wielokryterialnych metod oceny oraz algorytmy heurystyczne do zadania optymalizacji. Wspomaga ona zarządzającym jednostkowymi systemami produkcji, w sytuacjach, gdy użytkownicy nie posiadają pełnych, pewnych informacji lub mają tylko estymacje czasów wykonywania poszczególnych zadań. Metoda uwzględnia zrównoważenie realizacji zadań na poszczególnych stanowiskach, co z kolei pozwala osiągnąć lub zbliżyć się do oczekiwanych miar wydajności procesu. Warto zaznaczyć, że w rozważaniach autorskich zaprezentowano założenia projektowe systemu wspomagania zarządzania procesami złożonymi przetwarzającymi spersonalizowane projekty w warunkach niepewności. W ocenie autora to istotna kontrybucja. Wykorzystanie praktyczne autorskiej metody w informatycznych systemach zarządzania produkcją, daje możliwość szerokiego wsparcia użytkowników w ich codziennej pracy.

Warto jednocześnie zaznaczyć, że wdrożenie rozwiązania jest możliwe w każdej firmie, która posiada informatyczny system, poprzez stworzenie odpowiedniego modułu odpowiedzialnego za każdy poszczególny krok. Realizacja pierwszych dwóch etapów metody autorskiej pozwala uzyskać dodatkowe efekty i wiedzę na temat analizowanego procesu oraz pozwala w sposób jasny sprecyzować potrzeby decydentów takiego procesu, przez co zarządzanie i ocena odbywa się w oparciu o fakty i dane liczbowe, a nie przypuszczenia i intuicję. Odpowiednie wbudowanie funkcjonalności i przedstawionych podstaw formalnych i algorytmicznych w informatyczny system wspierający produkcję pozwalałoby na wprowadzanie odpowiednich korekt do aktualnych ustawień realnego systemu produkcji jednostkowej. Dane do autorskiego modelu symulacyjnego takie jak strumień zamówień mogą być dostarczane zarówno sadowo jak i bezpośrednio z innych modułów zintegrowanych systemów informatycznych zarządzania, na przykład systemu planowania.



## Zakończenie

Niniejsza rozprawa doktorska koncentruje się na problemie zarządzania złożonymi procesami przetwarzającymi projekty w warunkach niepewności. Badania zrealizowane w ramach niniejszej pracy miały na celu opracowanie metody wielokryterialnej optymalizacji procesu złożonego z danymi niepewnymi do zadanych miar wydajności na przykładzie procesu produkcji jednostkowej. W szczególności chodziło o równoważenie linii produkcyjnej w warunkach produkcji jednostkowej, uwzględniając również aspekty niepewności oraz złożoności procesu.

**Cel** postawiony na początku rozprawy **został osiągnięty**. Opracowana została metoda, która umożliwia kompleksowe podejście do problemu równoważenia zadań w produkcji jednostkowej, a obejmująca modelowanie symulacyjne procesu złożonego, określenie funkcji celu oraz optymalizację wielokryterialną do zadanych miar wydajności. Pierwsza z nich – modelowanie symulacyjne odpowiada za budowę modelu symulacyjnego badanego systemu. W pracy wykazano, że symulacja komputerowa, pozwala, badać właściwości rzeczywistych procesów (bez ingerencji w istniejący system produkcji), a po uzyskaniu wyników na ich optymalizację. Duga składowa - określanie funkcji kryterialnej - pozwala na dokładne określenie wymogów względem miar przystosowania definiowanych przez decydentów dla badanego procesu. Wykorzystanie rozmytego programowania celów umożliwia zaś elastyczne określenie przedziału wartości, które należy otrzymać. Trzecia składowa - optymalizacja wielokryterialna do zadanych miar łączy model symulacyjny i określoną funkcję celu w modelu optymalizacji złożonego procesu. W tym przypadku funkcja celu ukazuje nam czy zaproponowane przez algorytm rozwiązania spełniają oczekiwania decydentów, a sama wartość funkcji celu jest wynikiem symulacji przebiegu procesu produkcji przy określonych zmiennych decyzyjnych.

Jeśli chodzi o szczegółowe cele zdefiniowane we wstępie dysertacji, mianowicie cele teoriopoznawcze, metodyczne i utylitarne również należy uznać, że zostały one osiągnięte. Cele teoriopoznawcze obejmujące analizę i ocenę istniejących teorii zarządzania procesem produkcji, identyfikację i analizę cech procesów złożonych oraz analizę metod modelowania procesów złożonych osiągnięto w rozdziale 1 dysertacji. W zakresie celów metodycznych skutecznie przeanalizowano metody optymalizacji procesów złożonych (rozdział 2) oraz dokonano formalizacji obiektu badań. W rozdziale 3 przedstawiono również szczegółową charakterystykę autorskiej metody wielokryterialnej optymalizacji procesu złożonego, a w rozdziale 4 dokonano jej weryfikacji. W zakresie celów utylitarnych w rozdziale

4 dokonano empirycznej weryfikacji skuteczności autorskiej metody w rzeczywistym środowisku produkcyjnym oraz dokonano analizy porównawczej wyników uzyskanych z wykorzystaniem autorskiej metody w zestawieniu z rozwiązaniami referencyjnymi opartymi na wiedzy ekspertów.

Sformułowana w pracy **hipoteza postaci** „*Opracowana metoda, wspomagająca zarządzanie procesem przetwarzającym spersonalizowane projekty z niepewnością, pozwoli na efektywny dobór parametrów sterujących procesem jednostkowym z zadaniem wyjściem*” została pozytywnie zweryfikowana. Wykazano, że opracowana metoda umożliwia taki dobór parametrów sterujących procesem, że zostanie osiągnięta poprawa wartości kryteriów w kierunku zadanym przez decydentów. Wyniki uzyskane dla metody zweryfikowano zarówno w środowisku symulacyjnym jak również w zestawieniu z danymi referencyjnymi procesu, zaproponowanymi przez eksperta. Wyniki otrzymane podczas badań pozwalają stwierdzić, że dzięki wykorzystaniu optymalizacji metody uzyskano wyniki, które spełniają oczekiwania użytkowników. Porównanie wyników symulacji dla ustawień zaproponowanych przez użytkownika na podstawie doświadczenia były gorsze, niż wyniki otrzymane dzięki wykorzystaniu metody. Świadczy to o tym, że opracowana w rozprawie metoda pozwoli na skuteczny i efektywny dobór parametrów sterujących procesem produkcji jednostkowej przy uzyskaniu oczekiwanych wyjść.

Badania symulacyjne zostały przeprowadzone w oparciu o dane, które odwzorowują występujące w rzeczywistości procesy produkcji jednostkowej. Dzięki temu udało się zweryfikować metodę na zestawie danych, które mogą wystąpić w realnym procesie produkcji. Otrzymane wyniki ukazują celowość zastosowania metody oraz możliwość jej wykorzystania dla realnie działającego procesu. Przeprowadzone analizy z wykorzystaniem symulacji komputerowej oraz algorytmu heurystycznego pozwoliły przypisać do stanowisk kolejne zadania i wskazały na zależność pomiędzy przydzieleniem zadań, a wartością wskaźników przystosowania, które były rozpatrywane. Wykorzystanie rozmytego programowania celów oraz wielokryterialnej oceny pozwoliło na określenie oczekiwanych wartości w sposób przejrzysty i łatwy do zrozumienia dla każdego użytkownika. Dodatkowo, ukazano, że opracowana metoda modelowania oraz optymalizacji procesu pozwala na jej szybką implementację w dowolnym procesie.

W opracowanej metodzie występują ograniczenia, które uwzględniono w procesie modelowania. Metoda przeznaczona jest dla procesów złożonych przetwarzających spersonalizowane projekty z niepewnością, a więc najlepszym przykładem jest tu proces produkcji jednostkowej, gdzie znany jest z góry portfel zamówień na najbliższy okres.

Wiedza na temat procesu powinna uwzględniać ilość zasobów zdolnych przetwarzać projekt. W przypadku produkcji powinna brać pod uwagę liczbę stanowisk w systemie produkcyjnym oraz marszrut technologicznych dla poszczególnych zamówień. Model oddaje szczegółowość procesu na poziomie pojedynczej operacji, której czas opisany jest za pomocą odpowiedniego dla danego systemu rozkładu. Możliwe jest uwzględnienie błędów jakościowych lub awarii w procesie na podstawie oszacowanego prawdopodobieństwa wystąpienia danego zjawiska. Dodatkowo, model symulacyjny nie uwzględnia czynników zewnętrznych. Jego wejściem jest portfel zamówień wraz z odpowiednim opisem poszczególnych projektów w zależności od konfiguracji. Wyjściem są produkty gotowe oraz miary wydajności procesu, służące jego ocenie. Na każdym stanowisku, w jednym momencie, może być wykonywana tylko jedna operacja.

Kolejne ograniczenia występują w momencie określania miar wydajności, czyli tworzenia kryteriów oceny działania procesu. Ilość możliwych kryteriów musi być sprecyzowana przez decydentów przed optymalizacją. Poszczególnym kryteriom musi być nadana hierarchia lub waga, tak aby w metodzie można było oceniać dostosowanie do zadanych miar, w oparciu o dane numeryczne lub jakościowe, a także by wyeliminować czynnik ludzki w momencie oceny. Na tym etapie wykorzystano metody optymalizacji wielokryterialnej, pozwalające na takie sformułowanie miar wydajności, aby możliwa była ich optymalizacja. Efektem zastosowania powyższych metoda będzie funkcja oceny przystosowania procesu, czyli miar wydajności.

W trakcie prac badawczych zidentyfikowano również obszary usprawnień i kierunki dalszych badań. Jednym z istotnych aspektów jest rozwinięcie metody wyznaczania funkcji kryterialnej tak, aby w możliwie dużym stopniu odpowiadała wymaganiom użytkowników. Innym aspektem przyszłych prac jest rozszerzenie opisu zadania optymalizacji procesu produkcji jednostkowej. Interesującym wydaje się wyznaczenie dodatkowych parametrów, które w istotny sposób wpływają na przystosowanie takiego procesu do potrzeb decydentów. Ostatnią ważną kwestią jest zastosowanie metody do innych gałęzi przemysłu lub usług np. do optymalizacji rozproszonej produkcji oprogramowania lub projektów, gdzie członkowie zespołu pracują zdalnie w różnych lokalizacjach.

Podsumowując pracę doktorską należy zaznaczyć, że udało się osiągnąć stawiany w pracy cel oraz poprawnie zweryfikować hipotezę. Opracowana metoda jest w stanie wspomagać zarządzanie złożonymi procesami, które przetwarzają spersonalizowane projekty i może być częścią informatycznego systemu wspomagającego zarządzanie procesami złożonymi w których występuje niepewność. Korzyścią płynącą z realizacji badań w pracy

doktorskiej jest możliwość wspomaganie zarządzania procesami i otrzymywanie w wyniku ich działania oczekiwanych przez użytkowników rezultatów, które są zgodne z oczekiwaniami właścicieli przedsiębiorstw. Odpowiednie zrównoważenie obciążenia poszczególnych zasobów w procesach, jest jednym z najważniejszych aspektów zarządzania procesami produkcyjnymi. Jego następstwa w postaci redukcji kosztów oraz skrócenia czasu realizacji zleceń wiążą się bezpośrednio ze wzrostem konkurencyjności przedsiębiorstwa oraz otwierają nowe możliwości jego rozwoju.

## Spis rysunków

Rysunek 1	Ogólny schemat złożonego procesu (źródło: opracowanie własne)	5
Rysunek 2	Przykład podziału operacji na stanowiska produkcyjne (źródło: opracowanie własne)	10
Rysunek 3	Kontekst systemu wspomagania zarządzania procesem złożonym (źródło: opracowanie własne)	11
Rysunek 4	Ideowy schemat opracowanej metody (źródło: opracowanie własne)	12
Rysunek 1.1	Typ produkcji ze względu na wariantowość i wolumen produkcji (opracowanie własne)	18
Rysunek 1.2	Graficzny model systemu produkcyjnego (źródło: Durlik I., 1995)	39
Rysunek 1.3	Wejście i wyjście w modelu symulacyjnym (Evans G. W. i in., 1991)	40
Rysunek 1.4	Idea przypisania operacji do stanowisk (źródło: opracowanie własne)	48
Rysunek 2.1	Rozmyte programowanie celów (źródło: opracowanie własne)	55
Rysunek 2.2	Metody rozwiązania optymalizacji w równoważeniu linii produkcyjnej (źródło: opracowanie własne)	59
Rysunek 2.3	Domeny optymalizacji przez symulację (źródło: Boesel J. i inni, 2001)	63
Rysunek 3.1	Schemat ogólny metody (źródło: opracowanie własne)	76
Rysunek 3.2	Schemat działania metody wraz z najważniejszymi krokami (źródło: opracowanie własne)	77
Rysunek 3.3	Miejsce algorytmu optymalizacyjnego w metodzie (źródło: opracowanie własne)	85
Rysunek 4.1	Schemat procesu produkcji jednostkowej (źródło: opracowanie własne)	93
Rysunek 4.2	Funkcja przynależności dla czasu przejścia w procesie produkcji	97
Rysunek 4.3	Funkcja przynależności efektywności	98
Rysunek 4.4	Najlepsze wyniki uzyskane w poszczególnych iteracjach dla $q_0=0.05$	100
Rysunek 4.5	Wartość funkcji kryterialnej dla wszystkich rozwiązań w poszczególnej iteracji dla $q_0=0.05$	102
Rysunek 4.6	Najlepsze wyniki uzyskane w poszczególnych iteracjach dla $q_0=0.25$	103
Rysunek 4.7	Wartość funkcji kryterialnej dla wszystkich rozwiązań w poszczególnej iteracji dla $q_0=0.25$	104
Rysunek 4.8	Ilość wystąpień wartości funkcji kryterialnej w przedziale w zależności od $q_0$	107
Rysunek 4.9	Wartości funkcji kryterialnej w iteracjach dla $q_0=0.05$ i $q_0=0.25$	108
Rysunek 4.10	Średni czas przejścia dla najlepszego rozwiązania w iteracjach dla $q_0=0.05$ i $q_0=0.25$	108
Rysunek 4.11	Średnia efektywność dla najlepszego rozwiązania w iteracjach dla $q_0=0.05$ i $q_0=0.25$	109

## Spis tabel

Tabela 1 Najpopularniejsze podejścia do problemu (źródło: opracowanie własne)	9
Tabela 1.1 Kryteria podziału procesów produkcji (źródło: Prońko J. i in., 2008)	16
Tabela 1.2 Determinanty niepewności w procesie zarządzania projektami (źródło: Saunders F. C. i in., 2015)	30
Tabela 2.1 Zestawienie kryteriów optymalizacji (źródło: opracowanie własne)	60
Tabela 4.1 Najlepsze rozwiązania dla każdej iteracji dla $q_0=0.05$	101
Tabela 4.2 Najlepsze rozwiązania dla każdej iteracji dla $q_0=0.25$	103
Tabela 4.3 Wyniki uzyskane dla ustawień eksperta	106
Tabela 4.4 Ilość wystąpień funkcji kryterialnej w przedziale w zależności od $q_0$	106

## Bibliografia

1. Acar, C., Beskese, A., & Temur, G. T.: Sustainability analysis of different hydrogen production options using hesitant fuzzy AHP. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(39), 2018, s. 18059-18076.
2. Akyurt, İ. Z., Kuvvetli, Y., & Deveci, M.: Enterprise resource planning in the age of industry 4.0: A general overview. *Logistics 4.0*, 2020, s.178-185.
3. Alrabghi, A., & Tiwari, A. (2015). State of the art in simulation-based optimisation for maintenance systems. *Computers & Industrial Engineering*, 82, 167-182.
4. Altiock T., Benjamin Melamed B.: *Simulation Modeling And Analysis with Arena*, Elsevier, 2002
5. Al-Yahyaee, K. H., Shahzad, S. J. H., & Mensi, W.: Tail dependence structures between economic policy uncertainty and foreign exchange markets: Nonparametric quantiles methods. *International Economics*, 161, 2020. s. 66-82.
6. Ammeri, A., Hachicha, W., Chabchoub, H. & Masmoudi, F.: A comprehensive literature review of mono-objective simulation optimization methods, *Advances in Production Engineering & Management* 6(4), 2011, s. 291-302.
7. André, S., Elgh, F., Johansson, J., & Stolt, R.: The design platform– a coherent platform description of heterogeneous design assets for suppliers of highly customized systems. *Journal of Engineering Design*, 28, 2017, s. 1–28.
8. Ankenman, B. E., Bekki, J. M., Fowler, J., Mackulak, G. T., Nelson, B. L., & Yang, F.: Simulation in production planning: an overview with emphasis on recent developments in cycle time estimation. *Planning Production and Inventories in the Extended Enterprise: A State of the Art Handbook*, Volume 1, 2011, s. 565-591.
9. April J., Kelly J., Glover F., & Laguna M.: Practical introduction to simulation optimization, *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, 2003, s.27–28.
10. Azzabi L., Ayadi D., Bachar K. & Kobi A.: Fuzzy goal programming to optimization the multi-objective problem, *Science Journal of Applied Mathematics and Statistics* 2(1), 2014, s. 14-19.
11. Babenko, V.: Formalization of the Model of Management of the Technological Innovations. In *ICTERI Workshops*, 2019, s. 595-602.
12. Banks J., Carson J.S., Nelson B.L. & Nicol D.M: *Discrete-Event System Simulation*, Prentice Hall Inc., New Jersey, 2001.
13. Battaia O. & Dolgui A.: A taxonomy of line balancing problems and their solution approaches, *International Journal of Production Economics*, Elsevier, 142 (2), 2013, s. 259-277.
14. Baumann, M., Weil, M., Peters, J. F., Chibeles-Martins, N., & Moniz, A. B.: A review of multi-criteria decision making approaches for evaluating energy storage systems for grid applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 107, 2019, s. 516-534.

15. Bernat P.: Komputerowe wspomaganie w zakresie technicznego przygotowania produkcji, Zastosowania Informatyki w Inżynierii Produkcji, Monografia pod red. Antoniego Świcia, Wydawnictwa Uczelniane Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2009, s. 7-17.
16. Boesel J., Bowden R.O. & Glover F.: Future of simulation optimization, Proceedings of the 33rd conference on Winter simulation, 2001, s.1466-1469.
17. Botti, L., Mora, C., & Regattieri, A. Integrating ergonomics and lean manufacturing principles in a hybrid assembly line. Computers & Industrial Engineering, 111, 2017, s. 481-491.
18. Bowden R.O. & Hall J. D.: Simulation Optimization Research and Development, Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, 1998, s.1693-1698.
19. Boysen N., Flidner M., & Scholl A.: Assembly line balancing: which model to use when?, International Journal of Production Economics 111 (2), 2008, s. 509–528
20. Bozarth, C., Blackhurst, J., & Handfield, R. B. (2007). Following the thread: Industry cluster theory, the New England cotton textiles industry, and implications for future supply chain research. Production and Operations Management, 16(1), 154-157.
21. Brettel M., Friederichsen N., Keller M. & Rosenberg M.: How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective, World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Information and Communication Engineering, 8, 1, 2014.
22. Brzeziński M. (red.): Organizacja i sterowanie produkcją, Placet, Warszawa 2002.
23. Bullnheimer B., Hartl R.F. & Strauss C.: Applying the ant systems to the vehicle routing problem., Voss S., Martello S., Osman I.H., Roucairol C.: Metaheuristics: Advances and trends in the local search paradigms for optimization, Kluwer Academic Publishers, 1999, s. 285–296.
24. Buslenko, N. P., Kalašnikov, V. V., & Igor' Nikolaevič Kovalenko. (1979). Teoria systemów złożonych. Państwowe Wydaw. Naukowe.
25. Buzacott, J. A., & Shanthikumar, J. G.: Safety stock versus safety time in MRP controlled production systems. Management science, 40 (12), 1994, s. 1678-1689.
26. Caiado, R. G. G., Scavarda, L. F., Gavião, L. O., Ivson, P., de Mattos Nascimento, D. L., & Garza-Reyes, J. A.: A fuzzy rule-based industry 4.0 maturity model for operations and supply chain management. International Journal of Production Economics, 231, 107883, 2021.
27. Can B., Beham A. & Heavey C.: A Comparative study of Genetic Algorithm Components in Simulation-Based Optimisation, Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, 2008, s. 1829-1837.
28. Carayannis, E. G., Ferreira, J. J., Jalali, M. S., & Ferreira, F. A.: MCDA in knowledge-based economies: Methodological developments and real world applications. Technological Forecasting and Social Change, 131, 1-3, 2018.
29. Carlisle, K., & Gruby, R. L.: Polycentric systems of governance: A theoretical model for the commons. Policy Studies Journal, 47(4), 2019, s.927-952.



30. Chanas S. & Kuchta D.: Fuzzy goal programming-one notion, many meanings. *Control and Cybernetics* 2002 31(4), 2002, s. 871–90.
31. Charnes A, & Cooper W.W.: *Management models and industrial applications of linear programming*. New York: Wiley, 1961.
32. Cheng, Y., Sun, F., Zhang, Y., & Tao, F.: Task allocation in manufacturing: a review. *Journal of Industrial Information Integration*, 15, 2019, s. 207-218.
33. Chryssolouris, G.: *Manufacturing systems: theory and practice*. Springer Science & Business Media, 2013.
34. Chryssolouris, G.: Overview of manufacturing processes. *Manufacturing Systems: Theory and Practice*, 2006, s. 55-124.
35. Cinelli, M., Kadziński, M., Miebs, G., Gonzalez, M., & Słowiński, R.: Recommending multiple criteria decision analysis methods with a new taxonomy-based decision support system. *European Journal of Operational Research*, 302(2), 2022, s. 633-651.
36. Cluzel, F., Yannou, B., & Dihlmann, M. (2012). Using evolutionary design to interactively sketch car silhouettes and stimulate designer's creativity. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 25(7), 1413-1424.
37. Colomi A., Dorigo M., Maniezzo V. & Trubian M.: Ant system for job-shop scheduling. *Belgian Journal of Operations Research, Statistics and Computer Science*, 1994, 1994, s. 39–53.
38. Dadashnejad, A. A., & Valmohammadi, C.: Investigating the effect of value stream mapping on overall equipment effectiveness: a case study. *Total Quality Management & Business Excellence*, 30(3-4), 2019, s. 466-482.
39. Davenport T.H.: *Process innovation. Reengineering. Work Through Information Technology* Harvard Business Scholl Press, 1993.
40. Deb K.: *Introduction to Evolutionary Multiobjective Optimization*, Lecture Notes in Computer Science Volume 525(2), 2008, s. 59-96.
41. DeLaurentis D.A. & Mavris D.N.: Uncertainty modeling and management in multidisciplinary analysis and synthesis. In: 38th aerospace sciences meeting and exhibit, Reno, NV, AIAA-2000-0422, 2000.
42. Di Vaio, A., Palladino, R., Hassan, R., & Escobar, O.: Artificial intelligence and business models in the sustainable development goals perspective: A systematic literature review. *Journal of Business Research*, 121, 2020, s. 283-314.
43. Dolgui A., & Proth J.: *Supply Chain Engineering: useful methods and techniques*, Springer, 2010.
44. Dolgui, A., Ivanov, D., Sethi, S. P., & Sokolov, B.: Scheduling in production, supply chain and Industry 4.0 systems by optimal control: fundamentals, state-of-the-art and applications. *International Journal of Production Research*, 57(2), 2019, s. 411-432.
45. Dong G., Guo W.W. & Tickle K.: Solving the traveling salesman problem using cooperative genetic ant systems, *Expert Systems with Applications*, vol. 39, no.5, 2012, s.5006-5011.

46. Dorigo M. & Blumb C.: Ant colony optimization theory: A survey, *Theoretical Computer Science*, 344, 2005, s. 243–278.
47. Dorigo M. & Gambardella L.M.: Ant colony system: a cooperative learning approach to the traveling salesman problem, *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 1, 1997, s. 53–66.
48. Dorigo M. & Stutzle T.: Ant Colony Optimization: Overview and Recent Advances, In: Gendreau M., Potvin J.Y. (ed) *Handbook of Metaheuristics*, Second Edi., vol. 146, Springer, New York, 2010, s. 227-263.
49. Dorigo M., Maniezzo V. & Colorni A.: Ant system: optimization by a colony of cooperating agents, *IEEE Trans, Systems, Man and Cybernetics, Part B*, vol. 26, no. 1, 1996, s. 29–41.
50. Dorigo M., Maniezzo V. & Colorni A.: Positive Feedback as a Search Strategy, Technical report 91-016, Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Milano, Italy, 1991.
51. Duncan W.R.: *A Guide to the Project Management Body of Knowledge – PMBOK Guide*, Project Management Institute, 1996
52. Durbach I.N. & Stewart T.J.: An experimental study of the effect of uncertainty representation on decision making, *European Journal of Operational Research* 214, 2011, s.380–392.
53. Durlik I.: *Inżynieria systemów produkcyjnych, cz.1*, A.W Placet, Warszawa 1995.
54. Dwiliński, L. (2002). *Zarządzanie produkcją*.
55. Emde, S., Boysen, N. & Scholl, A.: Balancing mixed-model assembly lines: a computational evaluation of objectives to smoothen workload. *International Journal of Production Research* 48 (11), 2010, s. 3173–3191.
56. Enriken R. & Vossner S.: Genetic Algorithms with cluster Analysis for Production Simulation, *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*, 1997, s. 1307-1314.
57. ErKayman, B.: Transition to a JIT production system through ERP implementation: a case from the automotive industry. *International Journal of Production Research*, 57 (17), 2019, s. 5467-5477.
58. Evans G.W., Stuckman B. & Mollaghasemi M.: Multicriteria optimization of simulation models, *Proceedings of the 1991 Winter Simulation Conference*, 1991, s. 894-900.
59. Faccio, M., Ferrari, E., Gamberi, M., & Pilati, F.: Human Factor Analyser for work measurement of manual manufacturing and assembly processes. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 103(1), 2019, s. 861-877.
60. Findeisen, W. (Ed.): *Analiza systemowa-podstawy i metodologia: praca zbiorowa*. Państwowe Wydaw. Naukowe, 1985.
61. Fink K., Sochora R., König M., Merkel M., Berg J., Reinhart G: Dynamic Value Stream Optimization for Manual Assembly in the Learning Factory for Cyber-Physical Production Systems, *Procedia Manufacturing* 45, 2020, s. 78–83.
62. Fontanili F., Vincent A. & Ponsonne R.: Flow simulation and genetic algorithm as optimization tools, *International Journal of Production Economics* 64, 2000, s. 91-100.

63. Ford H.: *Dziś i jutro*, ProdPress.com, Wrocław, 2007.
64. Fu, M.: Optimization for Simulation: Theory and Practice, *INFORMS Journal on Computing*, 14 (3), 2002, s. 192-215.
65. Gaikwad, L. M., Sunnapwar, V. K., Teli, S. N., & Parab, A. B. Application of DMAIC and SPC to improve operational performance of manufacturing industry: A case study. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, 100(1), 2019, s. 229-238.
66. Gerencsér, L.: Optimization Over Discrete Sets Via, *Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control*, 1999, s. 1791–1795.
67. Ghobakhloo, M.: Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of cleaner production*, 252, 119869, 2020.
68. Gong, J., & You, F.: A new superstructure optimization paradigm for process synthesis with product distribution optimization: Application to an integrated shale gas processing and chemical manufacturing process. *AIChE Journal*, 64(1), 2018, s. 123-143.
69. González-Cruza C.A: Jáuregui-Correaa J.C., López-Cajúna C., Senb M. & Domínguez-Gonzáleza A.: Experimental analysis of synchronization and dynamics in an automobile as a complex system, *Mechanical Systems and Signal Processing*, Volumes 60–61, 2015, s. 472–484.
70. Gregory R., Failing L., Harstone M., Long G., McDaniels T. & Ohlson D.: *Structured decision making; A practical guide to environmental management choices*, Wiley Blackwell, 2012.
71. Groover M.P.: *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*,” 3rd Edition, 2008.
72. Hammer M. & Champy J.: *Reengineering w przedsiębiorstwie*, Neumann Management Institute, Warszawa, 1996.
73. Hastings D. & McManus H.: A framework for understanding uncertainty and its mitigation and exploitation in complex systems. In: *2004 engineering systems symposium*, Massachusetts Institute of Technology, 2004.
74. Helgeson W.B. & Birnie D.P.: Assembly line balancing using the ranked positional weight technique, *J. Ind. Engng*, 12 (6), 1961, s. 334-338.
75. Hilletoft, P., Sequeira, M., & Adlemo, A.: Three novel fuzzy logic concepts applied to reshoring decision-making. *Expert systems with applications*, 126, 2019, s. 133-143.
76. Hudzynskyi, O., Hudzynska, Y., Sudomyr, S., & Sudomyr, M.: *Methodological Aspects of Forming Mathematic Models of Management of Socio-economic Systems Development*. In *Modern Development Paths of Agricultural Production: Trends and Innovations*, Cham: Springer International Publishing, 2019, s. 441-449.
77. Ioannou, G., & Dimitriou, S.: Lead time estimation in MRP/ERP for make-to-order manufacturing systems. *International Journal of Production Economics*, Vol. 139(2), 2012, s.551-563.

78. Irani, Z., Sharif, A. M., Lee, H., Aktas, E., Topaloğlu, Z., van't Wout, T., & Huda, S.: Managing food security through food waste and loss: Small data to big data. *Computers & Operations Research*, 98, 2018, s. 367-383.
79. Jacobs, F. R.: Enterprise resource planning (ERP)—A brief history. *Journal of operations management*, 25(2), 2007, s.357-363.
80. Kang, K., & Subramaniam, V.: Integrated control policy of production and preventive maintenance for a deteriorating manufacturing system. *Computers & Industrial Engineering*, 118, 2018, s. 266-277.
81. Kaplan R.S. & Norton D.P.: *Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*, Harvard Business School Press, 1996.
82. Khurana A.: Managing complex production processes. *MIT Sloan Management Review*, 40, 1999, s. 85–97.
83. Kim S.H., & Nelson B.L.: Selecting the Best System, Chapter 17 in *Elsevier Handbooks in Operations Research and Management Science: Simulation*, 13, (eds. Enderson S.G. and Nelson B.L.), New York: Elsevier, 2006.
84. Klempka, R. (2004). Projektowanie grupy filtrów prostych algorytmem genetycznym. *Elektro Info*, (10), 47-50.
85. Korytkowski P., Wiśniewski T. & Rymaszewski S.: An evolutionary simulation-based optimization approach for dispatching scheduling, *Simulation Modelling: Practice and Theory* 35, 2013, s. 69–85.
86. Korytkowski P., Wiśniewski T. & Rymaszewski S.: Ant Colony Optimization for solving scheduling problems in job shop manufacturing systems using multi-attribute dispatching rules, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 67, 2013, s. 231-241.
87. Kovalchuk S.V., & Boukhanovsky A.V.: Towards Ensemble Simulation of Complex Systems, *Procedia Computer Science Volume 51*, 2015, s. 532-541.
88. Koźmiński, A. K.: *Analiza systemowa organizacji*, 1976.
89. Krupa K.: *Modelowanie, symulacja i prognozowanie*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2008.
90. Kuhn, M., & Franke, J. (2021). Data continuity and traceability in complex manufacturing systems: a graph-based modeling approach. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 34(5), 549-566.
91. Kumari, A., Tanwar, S., Tyagi, S., Kumar, N., Parizi, R. M., & Choo, K. K. R.: Fog data analytics: A taxonomy and process model. *Journal of Network and Computer Applications*, 128, 2019, s. 90-104.
92. Kusiak J., Danielewska-Tulecka A., & Oprocha P.: *Optymalizacja*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2009.

93. Law A.M., & McComas M.G.: Simulation-based optimization, Proceedings of the 34th conference on Winter simulation: exploring new frontiers, 2002, s. 41-44.
94. Lee J., & Lee-Kwang H.: Comparison of fuzzy values on a continuous domain, Fuzzy Sets and Systems 118 (3), 2001, s. 419–428.
95. Lee J., Davari H., Singh J. & Pandhare V.: Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems, Manufacturing Letters, 18, 2018, s. 20–23.
96. Lee, J., Kwon, D., Kim, N., & Lee, C.: PHM-based wiring system damage estimation for near zero downtime in manufacturing facilities. Reliability Engineering & System Safety, 184, 2018, s. 213-218.
97. Levary R. & Wan K.: A simulation approach for handling uncertainty in the analytic hierarchy process, European Journal of Operational Research 106 (1), 1998, s. 116–122.
98. Li, N., Li, Y., Sun, M., Kong, H., & Gong, G.: An optimization method for task assignment for industrial manufacturing organizations. Applied Intelligence, 47(4), 2017, s. 1144-1156.
99. Li, Z., Kucukkoc, I., & Tang, Q.: A comparative study of exact methods for the simple assembly line balancing problem. Soft Computing, 1-17, 2019.
100. Liang, X., Guan, Q., Clarke, K. C., Liu, S., Wang, B., & Yao, Y.: Understanding the drivers of sustainable land expansion using a patch-generating land use simulation (PLUS) model: A case study in Wuhan, China. Computers, Environment and Urban Systems, 85, 101569, 2018.
101. Liang-Hsuan Ch. & Geng-Chou T.: Fuzzy goal programming with different importance and priorities, European Journal of Operational Research Volume 133, Issue 3, 2001, s. 548–556.
102. Liker J.K.: Droga Toyoty: 14 zasad zarządzania wiodącej firmy produkcyjnej świata, Wydawnictwo MT Biznes, Warszawa, 2005.
103. Lisiński, M.: Paradygmaty metodologiczne nauk o zarządzaniu. Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, (421), 2016, s. 374-385.
104. Liwowski B., & Kozłowski R.: Podstawowe zagadnienia zarządzania produkcją, Oficyna Ekonomiczna, Kraków, 2006.
105. Lohmann, M., Anzanello, M. J., Fogliatto, F. S., & da Silveira, G. C.: Grouping workers with similar learning profiles in mass customization production lines. Computers & industrial engineering, 131, 2019, s. 542-551.
106. Lu M. & Romanowski R.: Multi-contextual ant colony optimization of intermediate dynamic job shop problems, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Volume 60, Issue 5, 2012, s. 667–681.
107. Lu, Y., Xu, X., & Wang, L.: Smart manufacturing process and system automation—a critical review of the standards and envisioned scenarios. Journal of Manufacturing Systems, 56, 2020, s. 312-325.
108. Madanhire, I., & Mbohwa, C.: Application of statistical process control (SPC) in manufacturing industry in a developing country. Procedia Cirp, 40, 2016, s. 580-583.

109. Malik, A. I., & Sarkar, B.: Disruption management in a constrained multi-product imperfect production system. *Journal of Manufacturing Systems*, 56, 2020, s. 227-240
110. Maniezzo V. & Colorni A.: The Ant System Applied to the Quadratic Assignment Problem, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering archive* Volume 11 Issue 5, 1999, s. 769-778.
111. Marseguerra, M.; Zio, E. & Podofilini, L.: Multiobjective spare part allocation by means of genetic algorithms and Monte Carlo simulation. *Reliability Engineering & System Safety*, 87, 2005, s. 325-335.
112. McMullen, P. & Tarasewich, P.: Using ant techniques to solve the assembly line balancing problem. *IIE Transactions* 35, 2003, s. 605–617.
113. Mehrjerdi Y.Z.: Excellent supply chain management, *Assembly Automation*, Vol. 29, No. 1, 2009, s. 52–60.
114. Miragliotta G., Sianesi A., Convertini E. & Distante R.: Data driven management in Industry 4.0: a method to measure Data Productivity, *IFAC PapersOnLine*, 51–11, 2018, s.19–24.
115. Mittal, K., Jain, A., Vaisla, K. S., Castillo, O., & Kacprzyk, J.: A comprehensive review on type 2 fuzzy logic applications: Past, present and future. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 95, 2020, 103916.
116. Mönch, L. (2007). Simulation-based benchmarking of production control schemes for complex manufacturing systems. *Control Engineering Practice*, 15(11), 1381-1393.
117. Murcia, N. N., Ferreira, F. A., & Ferreira, J. J.: Enhancing strategic management using a quantified VRIO”: Adding value with the MCDA approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 174, 121251, 2022.
118. Oberkampf W. L., DeLand S.M., Rutherford B.M., Diegert K.V. & Alvin K.F.: A new methodology for the estimation of total uncertainty in computational simulation. In: 40th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC structures, structural dynamics, and materials conference and exhibit, St. Louis, MO, AIAA-99- 1612, 1999.
119. Oberländer, A. M., Röglinger, M., Rosemann, M., & Kees, A.: Conceptualizing business-to-thing interactions—A sociomaterial perspective on the Internet of Things. *European Journal of Information Systems*, 27(4), 2018, s. 486-502.
120. Ozcan U. & Toklu B.: Multiple-criteria decision-making in two-sided assembly line balancing: a goal programming and a fuzzy goal programming models, *Computers and Operations Research* 36(6), 2009, s. 1955–1965.
121. Pająk E.: *Zarządzanie produkcją*, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2007.
122. Parola, A., & Bosco, F. M.: An eye-tracking investigation of the cognitive processes involved in the comprehension of simple and complex communicative acts. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 75(10), 2022, s.1976-1995.

123. Pasternak K.: Zarys zarządzania produkcją, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2005.
124. Paul R.J. & Chaney T.S.: Simulation optimisation using a genetic algorithm, *Simulation Practice and Theory*, Volume 6, Issue 6, 1998, s. 601–611.
125. Pesch, R., Endres, H., & Bouncken, R. B.: Digital product innovation management: Balancing stability and fluidity through formalization. *Journal of Product Innovation Management*, 38(6), 2021, s. 726-744.
126. Pokojski J., Oleksiński K., Pruszyński J.: Conceptual and detailed design knowledge management in customized production – Industrial perspective , *Journal of Computational Design and Engineering* 6, 2019, s. 479–506.
127. Powell, D.: ERP systems in lean production: new insights from a review of lean and ERP literature. *International Journal of Operations & Production Management*, Volume 33 Issue 11/12, 2013, s. 1490-1510.
128. Prońko, J., & Soboń, A. i Zamiar, Z.(2008). Zarządzanie produkcją.
129. Qi, Y., Mao, Z., Zhang, M., & Guo, H.: Manufacturing practices and servitization: The role of mass customization and product innovation capabilities. *International Journal of Production Economics*, 228, 107747, 2020.
130. Rehfuss, E. A., Booth, A., Brereton, L., Burns, J., Gerhardus, A., Mozygemba, K., ... & Rohwer, A.: Towards a taxonomy of logic models in systematic reviews and health technology assessments: a priori, staged, and iterative approaches. *Research synthesis methods*, 9(1), 2018, s. 13-24.
131. Reid, R. D.: *Operations management: an integrated approach*. Nada R. Sanders (Seventh ed.). Hoboken, NJ., 2019.
132. Rolstadås, A., Johansen, A., Bjerke, Y. C., & Malvik, T. O.: Managing risk and opportunities in complex projects. In *Advances in Production Management Systems. Towards Smart Production Management Systems: IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2019, Austin, TX, USA, September 1–5, 2019, Proceedings, Part II*, Springer International Publishing, 2019, s. 631-639.
133. Rossi, T., Pozzi, R., Pero, M., & Cigolini, R.: Improving production planning through finite-capacity MRP. *International journal of production research*, 55(2), 2017. s. 377-391.
134. Russell, A., & Taghipour, S.: Multi-objective optimization of complex scheduling problems in low-volume low-variety production systems. *International Journal of Production Economics*, 20, 2019, s. 1-16.
135. Saunders F.C., Gale A.W. & Sherry A.H.: Conceptualising uncertainty in safety-critical projects: A practitioner perspective, *International Journal of Project Management* Volume 33, Issue 2, 2015, s. 467–478.

136. Scholten L., Schuwirth N., Reichert P. & Lienert J.: Tackling uncertainty in multi-criteria decision analysis – An application to water supply infrastructure planning, *European Journal of Operational Research* Volume 242, Issue 1, 2015, s. 243–260.
137. Scott L.R. & Harmonosky C.M.: An improved simulated annealing simulation optimization method for discrete parameter stochastic systems, *Computers & Operations Research* 32, 2005, s. 343–358.
138. Silva, M., Poss, M., & Maculan, N.: Solution algorithms for minimizing the total tardiness with budgeted processing time uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 283(1), 2020, s. 70-82.
139. Smutnicki C.: *Algorytmy Szeregowania*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 2002.
140. Sorensen D.G.H., Ditlev Brunoe T., Nielsen K.: A classification scheme for production system processes, 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems, *Procedia CIRP* 72, 2018 s. 609–614.
141. Spronk J., Steuer R.E. & Zopounidis C.: Multi-criteria decision aid/analysis in finance, Volume 78 of the series *International Series in Operations Research & Management Science*, 2005, s. 799-848.
142. Stachurski A., & Wierzbicki A.P.: *Podstawy Optymalizacji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2001.
143. Stavropoulos, P., & Mourtzis, D.: Digital twins in industry 4.0. In *Design and operation of production networks for mass personalization in the era of cloud technology*, Elsevier, 2022, s. 277-316,
144. Stützle T., & Hoos H.H.: MAX-MIN ant system, *Future Generation Computer Systems* 16, 2000, s. 889–914.
145. Sułkowski, Ł.: *Paradygmaty i nurty badawcze w metodologii nauk o zarządzaniu - Próba syntezy w oparciu o światową literaturę przedmiotu*. Research Papers of the Wrocław University of Economics/Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, (340), 2014.
146. Sung Tae K.: Industry 4.0: a Korea perspective, *Technological forecasting and social change* 132, 2018, s. 40-45.
147. Sweeney, M.T.: Towards a Unified Theory of Strategic Manufacturing Management, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 11 No. 8, 1991, s. 6-22.
148. Szołtysek, J. Pułapki pracy naukowej–refleksje metodyczne. *Organizacja i Kierowanie*, 174(4), 2016, s. 11-26.
149. Tao, F., Qi, Q., Liu, A., & Kusiak, A.: Data-driven smart manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 48, 2002, s. 157-169.
150. Tarnowski W.: *Modelowanie systemów*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, 2004.



151. Tiamaz Y, Souissi N.: Classification of the lean implementation procedures for improving the business processes. In: 2018 International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV), IEEE, 2018. s. 1-6.
152. Tiwari R.N., Dharmar S. & Rao J.R.: Fuzzy goal programming-an additive model. *Fuzzy Sets and Systems* 24, 1987, s. 27–34.
153. Tiwari A.: Evolutionary computing techniques for handling variable interaction in engineering design optimization, Ph.D Thesis, Cranfield University, UK, 2001.
154. Udhayakumar P. & Kumanan S.: Integrated scheduling of flexible manufacturing system using evolutionary algorithms, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Volume 61, Issue 5, 2012, s. 621–635.
155. Vaidhya S., Ambad P. & Bhosle S.: Industry 4.0 –A Glimpse, *Procedia Manufacturing*, 20, 2018, s. 233–238.
156. Walters, D.: *Zarządzanie operacyjne, Towary i usługi*, PWN, Warszawa 2002.
157. Wang Q. & Chatwin C.R.: Key issues and developments in modelling and simulation-based methodologies for manufacturing systems analysis, design and performance evaluation, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 25, 2005, s. 1254–1265.
158. Wang, Y., Ma, H. S., Yang, J. H., & Wang, K. S. Industry 4.0: a way from mass customization to mass personalization production. *Advances in Manufacturing*, 5(4), 2017, s. 311-320.
159. Watkins, K. E., & Kim, K.: Current status and promising directions for research on the learning organization. *Human Resource Development Quarterly*, 29(1), 2002, s. 15-29.
160. Wawak S., *Zarządzanie jakością, Teoria I praktyka*, wydanie II rozszerzone, Helion, Gliwice, 2006.
161. Woodall W.H., Montgomery D.C., Some Current Directions in the Theory and Application of Statistical Process Monitoring, *Journal of Quality Technology* 46(1), 2014, s. 78-94.
162. Wu, S., Deng, S., Zhu, J., Bashir, M. A., & Izuno, F. Optimization of a novel liquid-phase plasma discharge process for continuous production of biodiesel. *Journal of Cleaner Production*, 228, 2019, s. 405-417.
163. Yaoa W., Chena X., Luo W., van Tooren M. & Guob J.: Review of uncertainty-based multidisciplinary design optimization methods for aerospace vehicles, *Progress in Aerospace Sciences*, Volume 47, Issue 6, 2011, s. 450–479.
164. Yazdani, M., Zarate, P., Kazimieras Zavadskas, E., & Turskis, Z.: A combined compromise solution (CoCoSo) method for multi-criteria decision-making problems. *Management Decision*, 57(9), 2019, s. 2501-2519.
165. Zabinsky Z.B.: *Random Search Algorithms*, 2009.
166. Zdanowicz R.: *Modelowanie i symulacja procesów wytwarzania*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2007.

167. Zhang, L. L., Lee, C. K., & Akhtar, P.: Towards customization: Evaluation of integrated sales, product, and production configuration. *International Journal of Production Economics*, 229, 107775, 2020.
168. Zhanga C., Tsung F. & Zou C.: A general framework for monitoring complex processes with both in-control and out-of-control information, *Computers & Industrial Engineering* Volume 85, 2015, s. 157–168.
169. Zheng, P., Lin, T. J., Chen, C. H., & Xu, X.: A systematic design approach for service innovation of smart product-service systems. *Journal of cleaner production*, 201, 2018, s. 657-667.
170. Zhong R.Y., Xu X., Klotz E. & Newman S.T.: Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review, *Engineering*, 3, 2017, s. 616–630.
171. Zimmerman H.J.L: Fuzy programming and linear programming with several objective functions, *Fuzzy Sets and Systems* 1, 1978, s. 45-55.
172. Zitzler E., Laumanns M. & Bleuler S.: A Tutorial on Evolutionary Multiobjective Optimization, *Metaheuristics for Multiobjective Optimisation. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*: 535, 2004, s. 3-37.

**Załącznik 1** Tabela wyników cząstkowych algorytmu dla  $q_0=0.25$

Iteracja	Osobnik w iteracji	Funkcja kryterialna	Średni czas przejścia	Funkcja czasu przejścia	Średnia efektywność	Funkcja efektywności	Iteracja	Osobnik w iteracji	Funkcja kryterialna	Średni czas przejścia	Funkcja czasu przejścia	Średnia efektywność	Funkcja efektywności
1	1	0,21	10,65	0,02	0,70	0,63	51	1	0,05	16,10	0,00	0,52	0,18
1	2	0,13	13,99	0,00	0,62	0,44	51	2	0,16	12,46	0,00	0,67	0,54
1	3	0,12	15,62	0,00	0,61	0,41	51	3	0,04	15,50	0,00	0,51	0,15
1	4	0,07	14,51	0,00	0,54	0,24	51	4	0,57	8,35	0,39	0,85	0,99
1	5	0,12	14,46	0,00	0,61	0,39	51	5	0,11	16,43	0,00	0,60	0,38
1	6	0,20	12,07	0,00	0,72	0,68	51	6	0,09	11,93	0,00	0,58	0,31
1	7	0,11	15,69	0,00	0,60	0,37	51	7	0,15	17,32	0,00	0,64	0,49
1	8	0,16	15,42	0,00	0,67	0,54	51	8	0,23	14,54	0,00	0,76	0,77
1	9	0,13	15,77	0,00	0,63	0,45	51	9	0,60	6,95	0,60	0,69	0,60
1	10	0,15	14,68	0,00	0,65	0,50	51	10	0,14	19,95	0,00	0,64	0,47
1	11	0,05	20,63	0,00	0,51	0,16	51	11	0,10	14,06	0,00	0,59	0,34
1	12	0,13	13,42	0,00	0,63	0,44	51	12	0,25	10,25	0,07	0,72	0,67
1	13	0,13	14,38	0,00	0,62	0,43	51	13	0,20	15,55	0,00	0,72	0,67
1	14	0,14	16,17	0,00	0,64	0,47	51	14	0,07	14,53	0,00	0,54	0,23
1	15	0,21	15,28	0,00	0,73	0,70	51	15	0,00	21,23	0,00	0,43	0,00
1	16	0,20	11,02	0,02	0,69	0,61	51	16	0,46	9,58	0,33	0,75	0,76
1	17	0,21	12,94	0,00	0,73	0,70	51	17	0,18	13,61	0,00	0,69	0,60
1	18	0,23	11,53	0,00	0,75	0,76	51	18	0,42	9,14	0,21	0,81	0,90
1	19	0,34	10,34	0,11	0,80	0,87	51	19	0,18	13,22	0,00	0,69	0,61
1	20	0,10	13,56	0,00	0,59	0,35	51	20	0,26	11,11	0,00	0,80	0,87
1	21	0,27	12,15	0,00	0,81	0,91	51	21	0,22	11,15	0,00	0,74	0,73
1	22	0,11	13,01	0,00	0,59	0,36	51	22	0,15	16,63	0,00	0,65	0,50
1	23	0,04	17,33	0,00	0,50	0,13	51	23	0,07	13,91	0,00	0,54	0,23
1	24	0,07	14,08	0,00	0,54	0,24	51	24	0,12	15,19	0,00	0,61	0,39
1	25	0,16	13,19	0,00	0,66	0,52	51	25	0,23	11,37	0,00	0,76	0,77
1	26	0,07	14,88	0,00	0,54	0,22	51	26	0,13	11,45	0,00	0,62	0,43
1	27	0,04	18,47	0,00	0,50	0,12	51	27	0,21	10,57	0,00	0,72	0,68
1	28	0,09	16,77	0,00	0,57	0,31	51	28	0,17	17,91	0,00	0,67	0,55
1	29	0,17	14,72	0,00	0,68	0,58	51	29	0,13	15,13	0,00	0,62	0,44
1	30	0,06	17,30	0,00	0,53	0,20	51	30	0,19	11,50	0,03	0,68	0,58
2	1	0,08	15,29	0,00	0,56	0,27	52	1	0,00	17,85	0,00	0,45	0,00
2	2	0,16	15,80	0,00	0,67	0,55	52	2	0,00	22,83	0,00	0,36	0,00
2	3	0,15	11,39	0,00	0,65	0,49	52	3	0,14	12,70	0,00	0,64	0,47
2	4	0,18	15,46	0,00	0,69	0,59	52	4	0,10	13,56	0,00	0,59	0,35
2	5	0,17	11,83	0,00	0,68	0,57	52	5	0,14	14,50	0,00	0,64	0,48
2	6	0,26	12,71	0,00	0,80	0,87	52	6	0,27	10,05	0,07	0,75	0,74
2	7	0,21	14,21	0,00	0,72	0,68	52	7	0,16	13,99	0,00	0,66	0,52
2	8	0,22	10,26	0,04	0,71	0,64	52	8	0,05	16,86	0,00	0,52	0,18
2	9	0,37	9,75	0,13	0,81	0,91	52	9	0,73	6,33	0,68	0,78	0,83
2	10	0,39	9,61	0,20	0,79	0,85	52	10	0,61	7,77	0,45	0,84	0,98
2	11	0,14	12,52	0,00	0,63	0,45	52	11	0,10	13,97	0,00	0,58	0,32
2	12	0,13	13,65	0,00	0,62	0,42	52	12	0,32	9,64	0,12	0,76	0,78
2	13	0,10	14,53	0,00	0,58	0,33	52	13	0,11	13,41	0,00	0,59	0,35
2	14	0,19	15,38	0,00	0,70	0,62	52	14	0,08	13,54	0,00	0,55	0,25
2	15	0,14	16,91	0,00	0,64	0,48	52	15	0,20	11,57	0,00	0,72	0,66
2	16	0,05	18,88	0,00	0,52	0,17	52	16	0,23	9,64	0,08	0,68	0,59
2	17	0,23	14,14	0,00	0,75	0,76	52	17	0,20	12,56	0,00	0,72	0,67
2	18	0,27	9,84	0,12	0,70	0,62	52	18	0,30	13,15	0,00	0,84	0,99
2	19	0,22	11,91	0,04	0,71	0,65	52	19	0,16	11,39	0,00	0,67	0,54
2	20	0,27	12,43	0,00	0,81	0,90	52	20	0,09	16,60	0,00	0,57	0,29
2	21	0,09	14,31	0,00	0,57	0,29	52	21	0,17	13,58	0,00	0,67	0,56
2	22	0,10	20,01	0,00	0,58	0,33	52	22	0,12	16,00	0,00	0,61	0,39
2	23	0,08	15,52	0,00	0,55	0,26	52	23	0,18	10,75	0,00	0,69	0,60
2	24	0,09	19,80	0,00	0,57	0,29	52	24	0,45	8,62	0,28	0,80	0,87
2	25	0,14	15,87	0,00	0,64	0,47	52	25	0,21	13,27	0,00	0,73	0,71
2	26	0,11	15,25	0,00	0,59	0,36	52	26	0,13	13,84	0,00	0,63	0,45
2	27	0,19	11,82	0,00	0,71	0,65	52	27	0,18	11,19	0,00	0,69	0,59
2	28	0,20	12,18	0,00	0,71	0,66	52	28	0,06	16,66	0,00	0,53	0,20
2	29	0,29	14,39	0,00	0,83	0,96	52	29	0,16	17,71	0,00	0,66	0,53
2	30	0,13	14,78	0,00	0,62	0,44	52	30	0,17	12,81	0,00	0,68	0,58
3	1	0,08	18,02	0,00	0,56	0,28	53	1	0,18	14,78	0,00	0,68	0,58
3	2	0,20	12,53	0,00	0,72	0,68	53	2	0,15	15,75	0,00	0,64	0,49
3	3	0,09	19,06	0,00	0,58	0,31	53	3	0,15	13,97	0,00	0,65	0,49
3	4	0,28	10,92	0,00	0,82	0,92	53	4	0,17	16,98	0,00	0,67	0,55
3	5	0,22	14,88	0,00	0,74	0,72	53	5	0,25	9,90	0,07	0,73	0,70
3	6	0,08	14,76	0,00	0,56	0,28	53	6	0,13	11,79	0,00	0,62	0,43
3	7	0,12	17,96	0,00	0,60	0,39	53	7	0,17	16,93	0,00	0,68	0,58
3	8	0,13	13,44	0,00	0,62	0,43	53	8	0,06	15,99	0,00	0,52	0,19
3	9	0,16	15,64	0,00	0,66	0,53	53	9	0,08	19,83	0,00	0,56	0,28
3	10	0,18	13,74	0,00	0,69	0,61	53	10	0,17	13,59	0,00	0,68	0,58
3	11	0,18	15,84	0,00	0,69	0,59	53	11	0,11	13,66	0,00	0,59	0,36
3	12	0,29	9,82	0,05	0,79	0,85	53	12	0,15	13,56	0,00	0,64	0,49
3	13	0,27	11,38	0,02	0,79	0,85	53	13	0,07	19,82	0,00	0,55	0,25
3	14	0,20	13,02	0,00	0,72	0,67	53	14	0,04	15,42	0,00	0,50	0,12
3	15	0,11	13,58	0,00	0,60	0,37	53	15	0,20	12,48	0,00	0,72	0,67
3	16	0,06	19,92	0,00	0,53	0,19	53	16	0,15	10,81	0,03	0,63	0,45

3	17	0,17	15,49	0,00	0,68	0,57	53	17	0,20	14,61	0,00	0,71	0,65
3	18	0,21	13,59	0,00	0,73	0,69	53	18	0,42	9,00	0,28	0,74	0,72
3	19	0,20	14,48	0,00	0,71	0,65	53	19	0,13	17,51	0,00	0,63	0,44
3	20	0,19	16,27	0,00	0,71	0,65	53	20	0,18	13,90	0,00	0,69	0,59
3	21	0,08	17,20	0,00	0,56	0,27	53	21	0,17	14,57	0,00	0,67	0,55
3	22	0,25	9,55	0,10	0,70	0,62	53	22	0,10	15,44	0,00	0,58	0,34
3	23	0,14	12,93	0,00	0,64	0,47	53	23	0,05	14,87	0,00	0,51	0,15
3	24	0,07	15,95	0,00	0,55	0,24	53	24	0,15	10,79	0,00	0,65	0,50
3	25	0,10	16,70	0,00	0,59	0,35	53	25	0,13	12,70	0,00	0,63	0,44
3	26	0,08	16,58	0,00	0,55	0,25	53	26	0,08	13,04	0,00	0,56	0,27
3	27	0,15	14,33	0,00	0,65	0,50	53	27	0,13	17,01	0,00	0,63	0,44
3	28	0,08	17,68	0,00	0,56	0,27	53	28	0,01	15,49	0,00	0,47	0,04
3	29	0,18	10,99	0,00	0,68	0,59	53	29	0,13	16,31	0,00	0,63	0,45
3	30	0,06	16,71	0,00	0,54	0,21	53	30	0,21	15,50	0,00	0,72	0,68
4	1	0,08	18,48	0,00	0,55	0,25	54	1	0,04	19,00	0,00	0,50	0,14
4	2	0,06	15,27	0,00	0,52	0,19	54	2	0,22	9,98	0,07	0,68	0,57
4	3	0,19	13,86	0,00	0,71	0,64	54	3	0,11	11,80	0,00	0,60	0,37
4	4	0,15	10,78	0,01	0,65	0,49	54	4	0,18	12,56	0,00	0,69	0,60
4	5	0,09	13,25	0,00	0,58	0,31	54	5	0,22	18,58	0,00	0,74	0,72
4	6	0,12	19,30	0,00	0,60	0,39	54	6	0,13	11,71	0,00	0,62	0,43
4	7	0,20	12,75	0,00	0,72	0,68	54	7	0,08	16,91	0,00	0,55	0,26
4	8	0,14	11,78	0,00	0,64	0,48	54	8	0,19	11,13	0,01	0,70	0,63
4	9	0,18	12,77	0,00	0,69	0,61	54	9	0,35	9,67	0,20	0,73	0,71
4	10	0,14	17,99	0,00	0,63	0,46	54	10	0,26	12,20	0,00	0,79	0,86
4	11	0,14	17,81	0,00	0,64	0,47	54	11	0,19	11,09	0,02	0,68	0,58
4	12	0,22	15,95	0,00	0,74	0,73	54	12	0,36	9,61	0,14	0,80	0,88
4	13	0,13	16,81	0,00	0,62	0,43	54	13	0,30	9,89	0,14	0,72	0,66
4	14	0,05	14,57	0,00	0,52	0,18	54	14	0,11	13,64	0,00	0,60	0,37
4	15	0,19	11,59	0,00	0,70	0,62	54	15	0,00	18,00	0,00	0,43	0,00
4	16	0,19	13,23	0,00	0,71	0,64	54	16	0,05	15,02	0,00	0,51	0,16
4	17	0,18	14,40	0,00	0,69	0,59	54	17	0,18	13,51	0,00	0,69	0,61
4	18	0,22	10,44	0,07	0,68	0,57	54	18	0,16	14,50	0,00	0,67	0,55
4	19	0,15	12,62	0,00	0,65	0,50	54	19	0,18	11,54	0,03	0,66	0,52
4	20	0,34	9,26	0,17	0,75	0,75	54	20	0,16	10,84	0,00	0,67	0,54
4	21	0,22	10,77	0,01	0,74	0,71	54	21	0,25	10,76	0,00	0,79	0,85
4	22	0,15	13,12	0,00	0,65	0,51	54	22	0,23	10,38	0,05	0,71	0,66
4	23	0,10	15,63	0,00	0,59	0,35	54	23	0,13	12,81	0,00	0,62	0,42
4	24	0,06	18,67	0,00	0,53	0,20	54	24	0,15	13,11	0,00	0,65	0,50
4	25	0,00	22,33	0,00	0,38	0,00	54	25	0,22	13,49	0,00	0,74	0,73
4	26	0,00	19,12	0,00	0,42	0,00	54	26	0,14	18,39	0,00	0,64	0,46
4	27	0,05	18,72	0,00	0,52	0,18	54	27	0,14	17,37	0,00	0,63	0,45
4	28	0,11	13,45	0,00	0,60	0,36	54	28	0,09	13,50	0,00	0,57	0,31
4	29	0,20	16,41	0,00	0,71	0,65	54	29	0,21	15,95	0,00	0,73	0,69
4	30	0,15	13,17	0,00	0,65	0,49	54	30	0,17	15,73	0,00	0,67	0,55
5	1	0,15	14,09	0,00	0,65	0,50	55	1	0,18	13,47	0,00	0,69	0,61
5	2	0,22	9,98	0,07	0,68	0,57	55	2	0,10	13,89	0,00	0,58	0,33
5	3	0,10	14,26	0,00	0,58	0,32	55	3	0,19	13,29	0,00	0,70	0,63
5	4	0,12	17,36	0,00	0,61	0,40	55	4	0,33	11,08	0,04	0,84	0,98
5	5	0,19	16,76	0,00	0,70	0,62	55	5	0,11	12,83	0,00	0,60	0,38
5	6	0,15	14,45	0,00	0,65	0,50	55	6	0,20	12,67	0,00	0,71	0,66
5	7	0,09	14,12	0,00	0,57	0,31	55	7	0,19	15,99	0,00	0,70	0,62
5	8	0,20	14,74	0,00	0,72	0,68	55	8	0,29	10,11	0,09	0,74	0,74
5	9	0,17	16,24	0,00	0,68	0,58	55	9	0,15	11,97	0,00	0,65	0,51
5	10	0,12	11,52	0,00	0,61	0,39	55	10	0,25	10,24	0,00	0,79	0,84
5	11	0,14	14,49	0,00	0,64	0,47	55	11	0,15	14,81	0,00	0,65	0,50
5	12	0,24	10,35	0,03	0,75	0,74	55	12	0,19	11,02	0,01	0,68	0,58
5	13	0,14	12,00	0,00	0,64	0,47	55	13	0,14	12,21	0,00	0,63	0,45
5	14	0,11	12,92	0,00	0,60	0,36	55	14	0,09	14,38	0,00	0,57	0,29
5	15	0,07	16,65	0,00	0,54	0,22	55	15	0,23	14,03	0,00	0,76	0,77
5	16	0,11	16,09	0,00	0,60	0,36	55	16	0,03	15,39	0,00	0,49	0,11
5	17	0,10	16,63	0,00	0,58	0,33	55	17	0,24	10,63	0,05	0,73	0,70
5	18	0,21	13,71	0,00	0,73	0,71	55	18	0,20	11,75	0,00	0,72	0,66
5	19	0,19	11,42	0,00	0,71	0,65	55	19	0,14	15,17	0,00	0,64	0,48
5	20	0,38	10,29	0,22	0,75	0,76	55	20	0,12	16,25	0,00	0,61	0,41
5	21	0,25	9,91	0,13	0,66	0,52	55	21	0,18	11,80	0,00	0,69	0,61
5	22	0,20	13,76	0,00	0,72	0,67	55	22	0,22	12,03	0,00	0,74	0,72
5	23	0,19	11,37	0,00	0,70	0,63	55	23	0,17	15,06	0,00	0,68	0,57
5	24	0,14	12,86	0,00	0,64	0,48	55	24	0,94	3,57	1,00	0,78	0,82
5	25	0,27	10,28	0,03	0,78	0,83	55	25	0,05	20,88	0,00	0,51	0,16
5	26	0,14	15,33	0,00	0,64	0,48	55	26	0,05	17,08	0,00	0,52	0,17
5	27	0,13	15,38	0,00	0,62	0,42	55	27	0,23	11,19	0,08	0,67	0,56
5	28	0,04	19,34	0,00	0,50	0,13	55	28	0,08	14,47	0,00	0,56	0,28
5	29	0,14	11,53	0,00	0,64	0,48	55	29	0,16	13,32	0,00	0,67	0,55
5	30	0,16	13,63	0,00	0,67	0,54	55	30	0,15	15,39	0,00	0,65	0,50
6	1	0,34	10,08	0,19	0,73	0,70	56	1	0,70	6,59	0,68	0,75	0,75
6	2	0,19	13,21	0,00	0,70	0,63	56	2	0,09	14,10	0,00	0,56	0,29
6	3	0,12	13,40	0,00	0,61	0,40	56	3	0,13	15,18	0,00	0,62	0,43
6	4	0,14	14,33	0,00	0,63	0,46	56	4	0,18	16,50	0,00	0,69	0,60
6	5	0,16	16,54	0,00	0,66	0,53	56	5	0,18	14,43	0,00	0,69	0,60
6	6	0,12	15,28	0,00	0,61	0,39	56	6	0,19	14,65	0,00	0,70	0,63
6	7	0,18	11,71	0,03	0,66	0,53	56	7	0,30	10,10	0,06	0,79	0,86

6	8	0,12	13,92	0,00	0,60	0,39	56	8	0,11	16,82	0,00	0,60	0,38
6	9	0,07	14,42	0,00	0,55	0,24	56	9	0,17	15,11	0,00	0,67	0,55
6	10	0,12	12,91	0,00	0,60	0,38	56	10	0,10	16,61	0,00	0,58	0,33
6	11	0,14	13,66	0,00	0,64	0,48	56	11	0,39	8,62	0,28	0,71	0,65
6	12	0,20	12,29	0,01	0,71	0,64	56	12	0,19	14,66	0,00	0,71	0,64
6	13	0,05	17,19	0,00	0,52	0,16	56	13	0,11	15,64	0,00	0,59	0,36
6	14	0,12	16,50	0,00	0,61	0,41	56	14	0,13	14,77	0,00	0,62	0,42
6	15	0,18	12,64	0,00	0,69	0,60	56	15	0,19	12,69	0,00	0,70	0,63
6	16	0,03	17,93	0,00	0,50	0,11	56	16	0,15	15,62	0,00	0,65	0,51
6	17	0,21	10,99	0,00	0,73	0,70	56	17	0,16	13,34	0,00	0,66	0,53
6	18	0,05	19,62	0,00	0,52	0,16	56	18	0,23	10,93	0,01	0,75	0,75
6	19	0,18	11,16	0,00	0,69	0,60	56	19	0,19	12,41	0,00	0,70	0,63
6	20	0,13	12,96	0,00	0,63	0,44	56	20	0,18	13,83	0,00	0,68	0,58
6	21	0,32	10,87	0,14	0,74	0,71	56	21	0,09	16,13	0,00	0,56	0,28
6	22	0,21	11,50	0,00	0,73	0,69	56	22	0,63	7,99	0,48	0,86	1,00
6	23	0,18	11,24	0,00	0,69	0,61	56	23	0,20	12,26	0,00	0,72	0,66
6	24	0,16	13,34	0,00	0,66	0,53	56	24	0,07	14,26	0,00	0,54	0,22
6	25	0,13	16,45	0,00	0,63	0,44	56	25	0,17	10,84	0,05	0,64	0,47
6	26	0,13	15,03	0,00	0,62	0,42	56	26	0,20	11,91	0,00	0,72	0,68
6	27	0,08	15,00	0,00	0,55	0,25	56	27	0,14	11,20	0,00	0,64	0,47
6	28	0,13	12,49	0,00	0,63	0,44	56	28	0,20	14,21	0,00	0,72	0,66
6	29	0,05	14,93	0,00	0,52	0,17	56	29	0,13	13,86	0,00	0,63	0,44
6	30	0,11	15,69	0,00	0,60	0,37	56	30	0,15	15,59	0,00	0,65	0,50
7	1	0,19	14,61	0,00	0,71	0,64	57	1	0,14	16,89	0,00	0,64	0,47
7	2	0,09	13,61	0,00	0,57	0,29	57	2	0,07	15,40	0,00	0,54	0,22
7	3	0,02	16,19	0,00	0,48	0,07	57	3	0,21	9,60	0,08	0,66	0,53
7	4	0,05	15,31	0,00	0,52	0,18	57	4	0,14	15,66	0,00	0,63	0,46
7	5	0,06	17,32	0,00	0,53	0,19	57	5	0,14	11,57	0,00	0,63	0,46
7	6	0,08	16,29	0,00	0,56	0,28	57	6	0,12	15,99	0,00	0,61	0,40
7	7	0,27	10,49	0,00	0,81	0,90	57	7	0,19	12,94	0,00	0,71	0,65
7	8	0,25	11,12	0,01	0,77	0,81	57	8	0,21	10,77	0,02	0,71	0,66
7	9	0,18	11,96	0,00	0,69	0,60	57	9	0,20	12,72	0,00	0,71	0,66
7	10	0,19	14,43	0,00	0,71	0,65	57	10	0,32	10,74	0,08	0,80	0,88
7	11	0,20	12,41	0,00	0,71	0,66	57	11	0,09	14,52	0,00	0,56	0,29
7	12	0,23	11,97	0,00	0,76	0,78	57	12	0,94	3,57	1,00	0,78	0,82
7	13	0,17	12,18	0,00	0,68	0,57	57	13	0,15	11,61	0,00	0,65	0,49
7	14	0,14	11,58	0,00	0,63	0,46	57	14	0,10	17,18	0,00	0,58	0,32
7	15	0,20	11,66	0,00	0,71	0,66	57	15	0,19	11,11	0,00	0,71	0,65
7	16	0,04	19,16	0,00	0,50	0,12	57	16	0,12	14,71	0,00	0,61	0,40
7	17	0,10	17,53	0,00	0,59	0,35	57	17	0,07	13,96	0,00	0,54	0,22
7	18	0,26	14,73	0,00	0,80	0,88	57	18	0,85	5,76	0,78	0,86	1,00
7	19	0,10	12,91	0,00	0,58	0,32	57	19	0,12	15,58	0,00	0,61	0,41
7	20	0,11	17,30	0,00	0,60	0,37	57	20	0,11	12,81	0,00	0,59	0,35
7	21	0,21	14,56	0,00	0,73	0,70	57	21	0,09	12,33	0,00	0,58	0,31
7	22	0,00	21,79	0,00	0,44	0,00	57	22	0,10	17,06	0,00	0,58	0,33
7	23	0,17	11,94	0,00	0,68	0,58	57	23	0,22	11,86	0,01	0,73	0,70
7	24	0,04	15,58	0,00	0,51	0,14	57	24	0,16	15,03	0,00	0,66	0,53
7	25	0,05	18,80	0,00	0,51	0,15	57	25	0,00	17,24	0,00	0,44	0,00
7	26	0,01	19,39	0,00	0,46	0,03	57	26	0,18	16,07	0,00	0,69	0,61
7	27	0,09	13,74	0,00	0,56	0,28	57	27	0,44	8,17	0,37	0,70	0,63
7	28	0,16	12,30	0,00	0,66	0,52	57	28	0,01	17,18	0,00	0,46	0,04
7	29	0,10	14,54	0,00	0,59	0,34	57	29	0,20	13,43	0,00	0,72	0,67
7	30	0,14	14,22	0,00	0,63	0,46	57	30	0,23	11,04	0,04	0,72	0,67
8	1	0,33	10,56	0,10	0,79	0,85	58	1	0,16	13,38	0,00	0,67	0,54
8	2	0,16	12,58	0,00	0,67	0,55	58	2	0,28	12,34	0,00	0,82	0,93
8	3	0,16	15,23	0,00	0,66	0,53	58	3	0,05	14,26	0,00	0,52	0,18
8	4	0,19	13,31	0,00	0,71	0,64	58	4	0,28	12,63	0,00	0,82	0,93
8	5	0,10	15,51	0,00	0,58	0,33	58	5	0,21	12,93	0,00	0,73	0,71
8	6	0,16	12,85	0,00	0,66	0,53	58	6	0,85	4,05	0,94	0,72	0,66
8	7	0,14	15,84	0,00	0,64	0,48	58	7	0,16	13,84	0,00	0,66	0,52
8	8	0,11	12,70	0,00	0,60	0,37	58	8	0,21	11,25	0,09	0,65	0,50
8	9	0,23	9,90	0,05	0,71	0,65	58	9	0,12	16,17	0,00	0,62	0,41
8	10	0,00	19,53	0,00	0,44	0,00	58	10	0,09	13,40	0,00	0,57	0,30
8	11	0,14	13,24	0,00	0,63	0,45	58	11	0,18	14,65	0,00	0,69	0,60
8	12	0,05	13,60	0,00	0,51	0,15	58	12	0,16	13,34	0,00	0,66	0,53
8	13	0,17	15,29	0,00	0,67	0,55	58	13	0,18	12,48	0,00	0,69	0,61
8	14	0,10	16,45	0,00	0,59	0,34	58	14	0,12	15,89	0,00	0,61	0,41
8	15	0,22	14,25	0,00	0,74	0,72	58	15	0,11	14,90	0,00	0,60	0,37
8	16	0,08	13,63	0,00	0,56	0,28	58	16	0,18	17,70	0,00	0,68	0,59
8	17	0,11	15,60	0,00	0,59	0,36	58	17	0,17	13,01	0,00	0,68	0,57
8	18	0,13	14,47	0,00	0,62	0,42	58	18	0,27	13,97	0,00	0,80	0,88
8	19	0,15	11,47	0,00	0,65	0,49	58	19	0,22	11,93	0,00	0,75	0,74
8	20	0,10	16,12	0,00	0,58	0,33	58	20	0,09	13,10	0,00	0,58	0,32
8	21	0,10	16,75	0,00	0,58	0,32	58	21	0,23	10,42	0,11	0,66	0,52
8	22	0,02	14,45	0,00	0,48	0,08	58	22	0,15	11,82	0,00	0,65	0,49
8	23	0,25	14,39	0,00	0,78	0,82	58	23	0,15	10,81	0,03	0,63	0,45
8	24	0,10	12,43	0,02	0,56	0,27	58	24	0,13	13,66	0,00	0,62	0,42
8	25	0,13	16,81	0,00	0,62	0,42	58	25	0,16	12,94	0,00	0,66	0,53
8	26	0,14	12,18	0,00	0,64	0,47	58	26	0,14	13,53	0,00	0,64	0,48
8	27	0,14	14,22	0,00	0,64	0,48	58	27	0,19	15,32	0,00	0,71	0,64
8	28	0,02	18,76	0,00	0,48	0,07	58	28	0,20	10,98	0,00	0,71	0,66

8	29	0,12	15,38	0,00	0,61	0,41	58	29	0,11	14,97	0,00	0,60	0,37
8	30	0,09	12,44	0,00	0,57	0,30	58	30	0,18	12,81	0,00	0,69	0,59
9	1	0,23	13,05	0,00	0,75	0,75	59	1	0,83	5,38	0,87	0,74	0,74
9	2	0,13	14,82	0,00	0,62	0,44	59	2	0,16	12,86	0,00	0,67	0,54
9	3	0,10	17,51	0,00	0,58	0,33	59	3	0,10	13,81	0,00	0,58	0,32
9	4	0,12	17,05	0,00	0,61	0,41	59	4	0,10	16,45	0,00	0,58	0,32
9	5	0,11	15,73	0,00	0,60	0,38	59	5	0,27	13,15	0,00	0,81	0,90
9	6	0,09	14,94	0,00	0,57	0,29	59	6	0,14	13,93	0,00	0,64	0,47
9	7	0,22	14,25	0,00	0,74	0,72	59	7	0,09	12,93	0,00	0,57	0,30
9	8	0,15	11,73	0,00	0,65	0,51	59	8	0,34	10,34	0,13	0,78	0,82
9	9	0,10	14,12	0,00	0,58	0,32	59	9	0,21	13,47	0,00	0,73	0,70
9	10	0,13	15,01	0,00	0,62	0,42	59	10	0,15	16,31	0,00	0,65	0,49
9	11	0,19	11,22	0,00	0,70	0,63	59	11	0,17	16,50	0,00	0,68	0,56
9	12	0,25	13,41	0,00	0,78	0,83	59	12	0,13	12,54	0,00	0,63	0,45
9	13	0,16	14,02	0,00	0,66	0,53	59	13	0,14	13,31	0,00	0,64	0,48
9	14	0,15	14,54	0,00	0,65	0,49	59	14	0,09	13,13	0,00	0,58	0,32
9	15	0,13	14,24	0,00	0,62	0,43	59	15	0,24	13,55	0,00	0,77	0,79
9	16	0,07	13,86	0,00	0,55	0,24	59	16	0,18	13,59	0,00	0,69	0,60
9	17	0,16	14,08	0,00	0,66	0,53	59	17	0,27	11,20	0,09	0,73	0,70
9	18	0,07	15,31	0,00	0,54	0,23	59	18	0,14	15,66	0,00	0,63	0,46
9	19	0,11	12,64	0,00	0,60	0,38	59	19	0,19	11,07	0,07	0,64	0,48
9	20	0,10	13,56	0,00	0,59	0,35	59	20	0,24	13,37	0,00	0,77	0,80
9	21	0,14	16,51	0,00	0,64	0,47	59	21	0,10	15,57	0,00	0,58	0,33
9	22	0,15	14,61	0,00	0,66	0,51	59	22	0,10	18,75	0,00	0,58	0,32
9	23	0,04	17,93	0,00	0,50	0,13	59	23	0,23	13,19	0,00	0,76	0,78
9	24	0,16	12,39	0,00	0,66	0,52	59	24	0,07	13,76	0,00	0,54	0,22
9	25	0,20	11,46	0,02	0,70	0,62	59	25	0,18	16,39	0,00	0,69	0,60
9	26	0,02	14,45	0,00	0,48	0,08	59	26	0,10	14,92	0,00	0,59	0,34
9	27	0,08	13,84	0,00	0,56	0,28	59	27	0,40	8,45	0,31	0,69	0,61
9	28	0,08	15,12	0,00	0,55	0,25	59	28	0,13	16,39	0,00	0,63	0,44
9	29	0,10	18,54	0,00	0,59	0,34	59	29	0,25	10,19	0,06	0,73	0,70
9	30	0,11	17,81	0,00	0,60	0,37	59	30	0,19	16,13	0,00	0,70	0,62
10	1	0,17	15,42	0,00	0,68	0,58	60	1	0,19	12,69	0,00	0,70	0,63
10	2	0,00	19,52	0,00	0,44	0,00	60	2	0,13	11,63	0,00	0,63	0,44
10	3	0,11	18,70	0,00	0,60	0,38	60	3	0,25	11,43	0,00	0,78	0,82
10	4	0,21	14,93	0,00	0,73	0,69	60	4	0,14	17,56	0,00	0,63	0,46
10	5	0,16	16,06	0,00	0,66	0,52	60	5	0,30	11,19	0,00	0,89	1,00
10	6	0,13	13,05	0,00	0,62	0,42	60	6	0,23	13,28	0,00	0,75	0,76
10	7	0,21	12,97	0,00	0,73	0,70	60	7	0,25	11,48	0,00	0,79	0,84
10	8	0,12	13,99	0,00	0,61	0,40	60	8	0,14	15,06	0,00	0,64	0,47
10	9	0,19	15,52	0,00	0,70	0,63	60	9	0,19	13,50	0,00	0,70	0,62
10	10	0,18	14,67	0,00	0,70	0,61	60	10	0,18	13,00	0,00	0,69	0,59
10	11	0,23	11,04	0,04	0,72	0,67	60	11	0,09	16,13	0,00	0,56	0,28
10	12	0,23	12,01	0,00	0,76	0,77	60	12	0,20	13,76	0,00	0,71	0,65
10	13	0,12	12,44	0,00	0,61	0,40	60	13	0,13	13,67	0,00	0,62	0,43
10	14	0,09	17,62	0,00	0,57	0,31	60	14	0,44	8,40	0,33	0,73	0,70
10	15	0,08	14,62	0,00	0,56	0,27	60	15	0,02	14,45	0,00	0,48	0,08
10	16	0,07	14,95	0,00	0,54	0,22	60	16	0,20	9,51	0,10	0,63	0,45
10	17	0,03	19,06	0,00	0,49	0,10	60	17	0,18	12,35	0,00	0,69	0,60
10	18	0,18	12,88	0,00	0,69	0,61	60	18	0,13	13,74	0,00	0,62	0,44
10	19	0,21	13,31	0,00	0,73	0,69	60	19	0,27	9,84	0,12	0,70	0,62
10	20	0,11	12,18	0,00	0,60	0,37	60	20	0,25	10,41	0,06	0,72	0,68
10	21	0,21	10,98	0,02	0,72	0,67	60	21	0,11	13,29	0,00	0,60	0,36
10	22	0,02	16,72	0,00	0,48	0,07	60	22	0,15	15,65	0,00	0,65	0,50
10	23	0,15	13,99	0,00	0,65	0,51	60	23	0,02	18,11	0,00	0,48	0,07
10	24	0,20	12,08	0,00	0,72	0,68	60	24	0,19	11,92	0,00	0,70	0,63
10	25	0,25	10,35	0,15	0,64	0,48	60	25	0,19	10,41	0,03	0,68	0,57
10	26	0,19	10,94	0,00	0,70	0,63	60	26	0,18	12,61	0,00	0,69	0,59
10	27	0,09	17,70	0,00	0,57	0,31	60	27	0,17	10,62	0,00	0,67	0,56
10	28	0,36	9,04	0,19	0,76	0,76	60	28	0,23	10,17	0,05	0,71	0,64
10	29	0,20	12,65	0,00	0,72	0,68	60	29	0,35	9,37	0,24	0,69	0,61
10	30	0,04	16,30	0,00	0,51	0,14	60	30	0,20	11,41	0,00	0,71	0,66
11	1	0,28	10,35	0,08	0,74	0,73	61	1	0,13	12,05	0,00	0,63	0,44
11	2	0,18	11,83	0,00	0,70	0,62	61	2	0,13	18,24	0,00	0,62	0,42
11	3	0,14	13,59	0,00	0,64	0,47	61	3	0,27	10,32	0,10	0,72	0,67
11	4	0,10	14,83	0,00	0,59	0,34	61	4	0,20	13,71	0,00	0,72	0,68
11	5	0,21	13,81	0,00	0,74	0,72	61	5	0,41	9,19	0,21	0,80	0,87
11	6	0,12	14,72	0,00	0,61	0,40	61	6	0,22	14,93	0,00	0,74	0,72
11	7	0,12	17,74	0,00	0,62	0,41	61	7	0,11	16,18	0,00	0,60	0,37
11	8	0,08	15,45	0,00	0,56	0,27	61	8	0,08	16,89	0,00	0,56	0,28
11	9	0,15	14,54	0,00	0,65	0,49	61	9	0,23	11,15	0,08	0,69	0,60
11	10	0,26	14,73	0,00	0,80	0,88	61	10	0,18	12,62	0,00	0,69	0,59
11	11	0,16	13,57	0,00	0,66	0,52	61	11	0,20	13,28	0,00	0,71	0,65
11	12	0,09	16,13	0,00	0,56	0,28	61	12	0,11	14,81	0,00	0,60	0,38
11	13	0,10	13,80	0,00	0,59	0,35	61	13	0,15	17,33	0,00	0,64	0,49
11	14	0,21	12,73	0,00	0,73	0,69	61	14	0,09	15,92	0,00	0,57	0,30
11	15	0,11	12,88	0,00	0,59	0,36	61	15	0,37	11,96	0,09	0,87	1,00
11	16	0,17	15,11	0,00	0,67	0,55	61	16	0,08	19,17	0,00	0,55	0,25
11	17	0,14	16,61	0,00	0,64	0,47	61	17	0,10	16,63	0,00	0,58	0,33
11	18	0,14	11,48	0,00	0,63	0,46	61	18	0,32	9,42	0,19	0,69	0,60
11	19	0,10	17,29	0,00	0,59	0,35	61	19	0,18	12,69	0,00	0,69	0,61

11	20	0,05	19,54	0,00	0,51	0,16	61	20	0,19	13,81	0,00	0,70	0,64
11	21	0,17	15,44	0,00	0,68	0,57	61	21	0,18	16,26	0,00	0,69	0,61
11	22	0,23	14,24	0,00	0,75	0,76	61	22	0,12	18,84	0,00	0,61	0,40
11	23	0,07	19,15	0,00	0,54	0,23	61	23	0,13	16,40	0,00	0,62	0,44
11	24	0,12	12,81	0,00	0,61	0,39	61	24	0,12	12,58	0,00	0,61	0,39
11	25	0,02	15,80	0,00	0,48	0,07	61	25	0,09	12,94	0,00	0,57	0,30
11	26	0,20	15,76	0,00	0,72	0,67	61	26	0,17	12,45	0,00	0,67	0,56
11	27	0,28	9,60	0,08	0,74	0,72	61	27	0,08	16,77	0,00	0,56	0,26
11	28	0,27	11,57	0,05	0,76	0,78	61	28	0,06	15,68	0,00	0,53	0,19
11	29	0,11	14,79	0,00	0,60	0,38	61	29	0,44	8,83	0,23	0,81	0,91
11	30	0,16	16,67	0,00	0,66	0,53	61	30	0,24	14,08	0,00	0,77	0,80
12	1	0,18	17,32	0,00	0,69	0,59	62	1	0,10	15,32	0,00	0,58	0,33
12	2	0,05	12,96	0,00	0,51	0,15	62	2	0,19	12,33	0,00	0,70	0,62
12	3	0,06	16,60	0,00	0,53	0,20	62	3	0,24	14,30	0,00	0,77	0,79
12	4	0,11	15,68	0,00	0,60	0,37	62	4	0,19	14,37	0,00	0,70	0,63
12	5	0,17	15,16	0,00	0,68	0,58	62	5	0,11	15,82	0,00	0,60	0,37
12	6	0,16	14,68	0,00	0,67	0,54	62	6	0,27	8,98	0,20	0,61	0,41
12	7	0,12	17,09	0,00	0,61	0,40	62	7	0,27	12,95	0,00	0,81	0,89
12	8	0,10	17,18	0,00	0,58	0,32	62	8	0,23	11,62	0,00	0,75	0,76
12	9	0,06	15,16	0,00	0,54	0,21	62	9	0,16	13,05	0,00	0,67	0,55
12	10	0,10	17,29	0,00	0,59	0,35	62	10	0,24	9,79	0,04	0,73	0,69
12	11	0,10	17,18	0,00	0,58	0,32	62	11	0,70	6,69	0,66	0,76	0,78
12	12	0,13	13,86	0,00	0,63	0,44	62	12	0,08	15,89	0,00	0,56	0,28
12	13	0,11	14,42	0,00	0,59	0,36	62	13	0,17	10,84	0,05	0,64	0,47
12	14	0,13	14,79	0,00	0,62	0,42	62	14	0,05	14,56	0,00	0,52	0,18
12	15	0,13	15,41	0,00	0,62	0,43	62	15	0,19	12,47	0,00	0,70	0,62
12	16	0,24	13,76	0,00	0,77	0,80	62	16	0,06	14,95	0,00	0,53	0,19
12	17	0,22	14,25	0,00	0,74	0,72	62	17	0,23	11,09	0,04	0,73	0,70
12	18	0,23	11,92	0,02	0,73	0,71	62	18	0,17	16,54	0,00	0,67	0,55
12	19	0,21	14,62	0,00	0,73	0,71	62	19	0,09	19,50	0,00	0,57	0,29
12	20	0,16	15,41	0,00	0,67	0,54	62	20	0,21	14,08	0,00	0,73	0,71
12	21	0,07	16,33	0,00	0,54	0,23	62	21	0,25	11,43	0,00	0,78	0,82
12	22	0,14	15,98	0,00	0,64	0,47	62	22	0,13	16,22	0,00	0,63	0,45
12	23	0,11	16,83	0,00	0,59	0,36	62	23	0,11	14,68	0,00	0,60	0,38
12	24	0,09	12,97	0,00	0,57	0,31	62	24	0,09	12,58	0,00	0,57	0,31
12	25	0,15	12,82	0,00	0,65	0,49	62	25	0,22	12,66	0,00	0,75	0,75
12	26	0,10	15,88	0,00	0,59	0,34	62	26	0,14	13,07	0,00	0,64	0,46
12	27	0,06	14,21	0,00	0,53	0,19	62	27	0,05	18,85	0,00	0,52	0,18
12	28	0,18	10,77	0,03	0,67	0,54	62	28	0,08	14,06	0,00	0,55	0,25
12	29	0,20	11,07	0,00	0,71	0,66	62	29	0,12	16,00	0,00	0,61	0,39
12	30	0,19	14,70	0,00	0,70	0,62	62	30	0,11	16,07	0,00	0,59	0,36
13	1	0,09	16,28	0,00	0,58	0,31	63	1	0,18	12,53	0,00	0,69	0,60
13	2	0,16	11,96	0,00	0,66	0,53	63	2	0,14	13,94	0,00	0,63	0,45
13	3	0,21	13,11	0,00	0,73	0,71	63	3	0,13	15,52	0,00	0,63	0,44
13	4	0,16	13,09	0,00	0,66	0,54	63	4	0,06	18,95	0,00	0,53	0,21
13	5	0,13	17,57	0,00	0,63	0,44	63	5	0,25	11,25	0,00	0,79	0,84
13	6	0,16	11,35	0,00	0,66	0,52	63	6	0,34	9,19	0,16	0,75	0,76
13	7	0,13	13,87	0,00	0,62	0,42	63	7	0,17	13,81	0,00	0,68	0,57
13	8	0,15	15,87	0,00	0,65	0,49	63	8	0,21	13,47	0,00	0,73	0,70
13	9	0,05	15,72	0,00	0,52	0,17	63	9	0,16	13,34	0,00	0,66	0,53
13	10	0,14	12,08	0,00	0,63	0,45	63	10	0,17	15,27	0,00	0,68	0,56
13	11	0,18	13,95	0,00	0,69	0,60	63	11	0,17	12,51	0,00	0,68	0,58
13	12	0,09	15,30	0,00	0,57	0,30	63	12	0,34	9,18	0,21	0,70	0,63
13	13	0,06	15,40	0,00	0,53	0,20	63	13	0,17	12,15	0,00	0,68	0,57
13	14	0,14	12,55	0,00	0,64	0,48	63	14	0,08	14,06	0,00	0,55	0,25
13	15	0,14	16,51	0,00	0,64	0,47	63	15	0,10	17,68	0,00	0,59	0,35
13	16	0,20	10,91	0,08	0,64	0,47	63	16	0,12	16,72	0,00	0,61	0,40
13	17	0,22	13,48	0,00	0,75	0,74	63	17	0,09	12,13	0,00	0,56	0,28
13	18	0,04	17,46	0,00	0,50	0,12	63	18	0,68	6,49	0,67	0,73	0,71
13	19	0,23	11,09	0,04	0,73	0,70	63	19	0,10	14,96	0,00	0,59	0,34
13	20	0,19	15,20	0,00	0,71	0,64	63	20	0,23	14,89	0,00	0,75	0,75
13	21	0,13	12,33	0,00	0,62	0,43	63	21	0,09	16,72	0,00	0,57	0,30
13	22	0,15	12,69	0,00	0,65	0,49	63	22	0,11	12,49	0,00	0,59	0,36
13	23	0,11	13,00	0,00	0,59	0,36	63	23	0,09	12,34	0,00	0,57	0,31
13	24	0,08	17,81	0,00	0,56	0,27	63	24	0,22	12,72	0,00	0,74	0,73
13	25	0,20	10,99	0,02	0,70	0,63	63	25	0,12	11,21	0,01	0,60	0,37
13	26	0,13	12,24	0,03	0,60	0,37	63	26	0,23	10,07	0,08	0,69	0,60
13	27	0,08	15,12	0,00	0,55	0,25	63	27	0,13	15,32	0,00	0,62	0,43
13	28	0,15	15,83	0,00	0,65	0,50	63	28	0,14	13,96	0,00	0,64	0,47
13	29	0,04	19,43	0,00	0,50	0,13	63	29	0,08	18,22	0,00	0,56	0,27
13	30	0,20	13,10	0,00	0,71	0,65	63	30	0,32	10,36	0,05	0,82	0,93
14	1	0,21	14,50	0,00	0,73	0,69	64	1	0,41	9,73	0,29	0,73	0,70
14	2	0,05	15,97	0,00	0,52	0,18	64	2	0,14	16,28	0,00	0,64	0,48
14	3	0,13	11,43	0,00	0,63	0,44	64	3	0,12	12,46	0,00	0,61	0,41
14	4	0,14	12,55	0,00	0,64	0,48	64	4	0,18	12,34	0,00	0,69	0,61
14	5	0,44	9,13	0,20	0,95	1,00	64	5	0,22	11,97	0,00	0,75	0,74
14	6	0,10	14,56	0,00	0,58	0,32	64	6	0,25	13,55	0,00	0,78	0,83
14	7	0,05	19,05	0,00	0,51	0,16	64	7	0,17	13,81	0,00	0,68	0,57
14	8	0,11	15,73	0,00	0,60	0,38	64	8	0,09	13,56	0,00	0,57	0,30
14	9	0,05	14,48	0,00	0,52	0,18	64	9	0,36	8,94	0,21	0,73	0,70
14	10	0,10	14,76	0,00	0,59	0,35	64	10	0,15	15,96	0,00	0,65	0,51

14	11	0,28	10,09	0,12	0,72	0,67	64	11	0,14	14,35	0,00	0,63	0,46
14	12	0,14	12,55	0,00	0,64	0,48	64	12	0,13	13,86	0,00	0,63	0,44
14	13	0,11	14,68	0,00	0,59	0,35	64	13	0,30	10,17	0,10	0,76	0,78
14	14	0,16	13,98	0,00	0,66	0,52	64	14	0,20	10,62	0,01	0,71	0,66
14	15	0,08	15,00	0,00	0,55	0,25	64	15	0,14	15,97	0,00	0,64	0,48
14	16	0,12	15,26	0,00	0,61	0,39	64	16	0,14	11,93	0,00	0,63	0,46
14	17	0,22	14,25	0,00	0,74	0,72	64	17	0,12	11,83	0,00	0,61	0,41
14	18	0,30	9,77	0,25	0,63	0,44	64	18	0,29	10,32	0,03	0,81	0,90
14	19	0,17	15,42	0,00	0,68	0,58	64	19	0,12	15,99	0,00	0,62	0,42
14	20	0,22	15,95	0,00	0,74	0,73	64	20	0,13	11,42	0,00	0,63	0,45
14	21	0,18	15,37	0,00	0,69	0,60	64	21	0,05	17,93	0,00	0,52	0,17
14	22	0,16	14,65	0,00	0,66	0,53	64	22	0,07	18,57	0,00	0,55	0,25
14	23	0,09	18,68	0,00	0,57	0,30	64	23	0,13	12,09	0,00	0,62	0,43
14	24	0,01	16,93	0,00	0,46	0,02	64	24	0,16	12,55	0,00	0,66	0,52
14	25	0,22	14,25	0,00	0,74	0,72	64	25	0,14	13,91	0,00	0,64	0,47
14	26	0,17	14,32	0,00	0,67	0,56	64	26	0,33	9,66	0,23	0,68	0,57
14	27	0,14	12,24	0,00	0,64	0,48	64	27	0,12	12,96	0,00	0,61	0,39
14	28	0,30	10,12	0,14	0,72	0,67	64	28	0,15	14,81	0,00	0,65	0,50
14	29	0,16	16,59	0,00	0,66	0,52	64	29	0,14	14,75	0,00	0,64	0,47
14	30	0,20	12,97	0,00	0,71	0,66	64	30	0,19	10,31	0,00	0,71	0,64
15	1	0,11	15,42	0,00	0,60	0,37	65	1	0,05	18,43	0,00	0,52	0,18
15	2	0,02	16,45	0,00	0,47	0,05	65	2	0,03	15,38	0,00	0,49	0,10
15	3	0,08	14,11	0,00	0,56	0,28	65	3	0,09	14,86	0,00	0,57	0,30
15	4	0,13	16,17	0,00	0,62	0,43	65	4	0,10	13,64	0,00	0,58	0,32
15	5	0,42	9,14	0,21	0,81	0,90	65	5	0,30	9,54	0,13	0,74	0,72
15	6	0,20	14,21	0,00	0,72	0,66	65	6	0,21	13,19	0,00	0,74	0,72
15	7	0,42	9,14	0,21	0,81	0,90	65	7	0,21	12,02	0,00	0,73	0,69
15	8	0,15	13,08	0,00	0,65	0,50	65	8	0,05	18,72	0,00	0,52	0,17
15	9	0,04	18,86	0,00	0,50	0,14	65	9	0,15	14,23	0,00	0,66	0,51
15	10	0,15	12,29	0,02	0,62	0,43	65	10	0,09	17,75	0,00	0,57	0,31
15	11	0,26	9,91	0,10	0,70	0,62	65	11	0,21	13,00	0,00	0,72	0,69
15	12	0,06	15,35	0,00	0,53	0,20	65	12	0,18	12,69	0,00	0,69	0,61
15	13	0,02	16,09	0,00	0,48	0,08	65	13	0,17	10,90	0,11	0,57	0,30
15	14	0,13	13,75	0,00	0,62	0,42	65	14	0,06	13,39	0,00	0,53	0,20
15	15	0,12	16,35	0,00	0,61	0,39	65	15	0,20	13,73	0,00	0,71	0,65
15	16	0,08	16,73	0,00	0,55	0,26	65	16	0,13	13,12	0,00	0,63	0,45
15	17	0,08	16,24	0,00	0,55	0,26	65	17	0,31	10,08	0,14	0,74	0,73
15	18	0,22	11,63	0,01	0,73	0,71	65	18	0,17	12,99	0,00	0,68	0,57
15	19	0,09	16,60	0,00	0,57	0,29	65	19	0,19	14,19	0,00	0,71	0,64
15	20	0,04	19,43	0,00	0,50	0,13	65	20	0,11	16,51	0,00	0,60	0,38
15	21	0,00	18,47	0,00	0,45	0,00	65	21	0,16	13,91	0,00	0,66	0,52
15	22	0,04	19,43	0,00	0,50	0,13	65	22	0,24	14,30	0,00	0,78	0,82
15	23	0,64	6,72	0,58	0,75	0,76	65	23	0,09	15,40	0,00	0,57	0,30
15	24	0,11	11,80	0,00	0,60	0,37	65	24	0,17	15,03	0,00	0,68	0,57
15	25	0,55	7,29	0,49	0,73	0,70	65	25	0,17	12,26	0,00	0,68	0,58
15	26	0,22	10,86	0,05	0,70	0,62	65	26	0,18	10,18	0,04	0,65	0,49
15	27	0,12	16,66	0,00	0,61	0,41	65	27	0,15	15,52	0,00	0,65	0,51
15	28	0,14	10,48	0,01	0,62	0,44	65	28	0,13	16,85	0,00	0,62	0,42
15	29	0,15	14,13	0,00	0,65	0,51	65	29	0,22	14,45	0,00	0,74	0,73
15	30	0,17	15,49	0,00	0,68	0,56	65	30	0,94	3,57	1,00	0,78	0,82
16	1	0,12	15,38	0,00	0,61	0,41	66	1	0,31	10,18	0,02	0,85	1,00
16	2	0,06	18,16	0,00	0,53	0,20	66	2	0,11	13,50	0,00	0,60	0,37
16	3	0,10	15,01	0,00	0,58	0,33	66	3	0,27	10,32	0,05	0,76	0,77
16	4	0,25	12,79	0,00	0,78	0,83	66	4	0,20	10,75	0,00	0,72	0,66
16	5	0,13	13,86	0,00	0,63	0,44	66	5	0,33	11,28	0,04	0,88	1,00
16	6	0,03	14,94	0,00	0,49	0,09	66	6	0,23	13,31	0,00	0,76	0,76
16	7	0,13	13,74	0,00	0,63	0,44	66	7	0,18	13,85	0,00	0,69	0,59
16	8	0,11	16,05	0,00	0,59	0,36	66	8	0,30	12,78	0,00	0,88	1,00
16	9	0,21	13,78	0,00	0,73	0,69	66	9	0,13	15,38	0,00	0,62	0,43
16	10	0,20	12,64	0,00	0,72	0,67	66	10	0,19	14,90	0,00	0,70	0,62
16	11	0,68	6,97	0,61	0,79	0,84	66	11	0,08	12,55	0,00	0,56	0,27
16	12	0,11	13,04	0,00	0,59	0,35	66	12	0,19	16,20	0,00	0,70	0,62
16	13	0,13	12,77	0,00	0,62	0,44	66	13	0,12	14,65	0,00	0,61	0,40
16	14	0,18	10,45	0,02	0,67	0,55	66	14	0,03	16,91	0,00	0,49	0,10
16	15	0,14	13,19	0,00	0,64	0,46	66	15	0,04	15,98	0,00	0,50	0,13
16	16	0,09	16,93	0,00	0,57	0,29	66	16	0,10	18,07	0,00	0,58	0,33
16	17	0,23	13,69	0,00	0,76	0,77	66	17	0,10	11,61	0,00	0,58	0,34
16	18	0,04	14,86	0,00	0,51	0,15	66	18	0,08	14,29	0,00	0,56	0,27
16	19	0,15	15,98	0,00	0,66	0,52	66	19	0,43	8,59	0,28	0,76	0,77
16	20	0,10	14,83	0,00	0,59	0,34	66	20	0,12	16,12	0,00	0,61	0,41
16	21	0,13	12,49	0,00	0,62	0,42	66	21	0,08	14,63	0,00	0,56	0,28
16	22	0,09	13,54	0,00	0,57	0,30	66	22	0,17	10,29	0,01	0,67	0,55
16	23	0,12	13,28	0,00	0,61	0,40	66	23	0,42	8,81	0,28	0,75	0,76
16	24	0,35	10,23	0,19	0,74	0,73	66	24	0,11	12,66	0,00	0,60	0,37
16	25	0,04	16,40	0,00	0,51	0,15	66	25	0,06	13,19	0,00	0,53	0,21
16	26	0,04	19,43	0,00	0,50	0,13	66	26	0,14	15,35	0,00	0,63	0,45
16	27	0,15	13,16	0,00	0,64	0,49	66	27	0,35	8,81	0,34	0,60	0,39
16	28	0,10	12,71	0,00	0,58	0,34	66	28	0,09	14,97	0,00	0,56	0,29
16	29	0,31	9,29	0,14	0,74	0,72	66	29	0,13	14,17	0,00	0,63	0,45
16	30	0,10	16,61	0,00	0,58	0,32	66	30	0,40	8,23	0,35	0,66	0,52
17	1	0,30	10,98	0,06	0,80	0,88	67	1	0,24	11,40	0,00	0,77	0,80



17	2	0,13	12,44	0,00	0,62	0,43	67	2	0,15	14,07	0,00	0,65	0,51
17	3	0,04	17,11	0,00	0,50	0,13	67	3	0,21	13,48	0,00	0,73	0,70
17	4	0,12	12,56	0,00	0,61	0,40	67	4	0,28	10,13	0,09	0,74	0,72
17	5	0,26	12,44	0,00	0,79	0,85	67	5	0,27	12,14	0,00	0,81	0,90
17	6	0,17	10,84	0,05	0,64	0,47	67	6	0,13	13,57	0,00	0,62	0,43
17	7	0,31	9,63	0,11	0,76	0,77	67	7	0,14	10,23	0,01	0,64	0,47
17	8	0,07	16,16	0,00	0,55	0,24	67	8	0,17	17,33	0,00	0,68	0,56
17	9	0,00	17,38	0,00	0,45	0,01	67	9	0,63	6,99	0,60	0,73	0,71
17	10	0,12	13,22	0,00	0,60	0,38	67	10	0,27	12,74	0,00	0,81	0,91
17	11	0,09	15,10	0,00	0,58	0,32	67	11	0,19	14,14	0,00	0,70	0,63
17	12	0,29	9,13	0,17	0,67	0,55	67	12	0,16	15,18	0,00	0,66	0,53
17	13	0,04	15,04	0,00	0,50	0,13	67	13	0,12	14,93	0,00	0,61	0,39
17	14	0,10	17,53	0,00	0,59	0,35	67	14	0,12	13,12	0,00	0,61	0,41
17	15	0,05	14,87	0,00	0,51	0,15	67	15	0,47	8,28	0,34	0,76	0,78
17	16	0,09	13,91	0,00	0,58	0,32	67	16	0,11	17,56	0,00	0,60	0,37
17	17	0,04	18,48	0,00	0,50	0,13	67	17	0,29	9,81	0,09	0,75	0,76
17	18	0,04	14,67	0,00	0,50	0,13	67	18	0,24	13,85	0,00	0,77	0,80
17	19	0,10	16,04	0,00	0,58	0,32	67	19	0,25	10,42	0,00	0,78	0,83
17	20	0,20	13,19	0,00	0,72	0,68	67	20	0,13	13,24	0,00	0,62	0,42
17	21	0,16	11,04	0,00	0,66	0,53	67	21	0,73	6,13	0,72	0,75	0,75
17	22	0,00	19,29	0,00	0,44	0,00	67	22	0,10	15,20	0,00	0,58	0,33
17	23	0,06	13,19	0,00	0,53	0,21	67	23	0,04	14,47	0,00	0,51	0,14
17	24	0,15	14,13	0,00	0,65	0,51	67	24	0,00	22,12	0,00	0,42	0,00
17	25	0,10	14,24	0,00	0,58	0,33	67	25	0,00	17,49	0,00	0,44	0,00
17	26	0,11	14,97	0,00	0,60	0,37	67	26	0,14	16,41	0,00	0,63	0,46
17	27	0,02	16,36	0,00	0,47	0,06	67	27	0,17	13,62	0,00	0,68	0,58
17	28	0,15	12,37	0,00	0,65	0,50	67	28	0,11	13,87	0,00	0,60	0,38
17	29	0,11	16,61	0,00	0,59	0,36	67	29	0,23	10,83	0,09	0,67	0,55
17	30	0,05	14,63	0,00	0,52	0,18	67	30	0,22	11,54	0,00	0,74	0,72
18	1	0,12	14,89	0,00	0,61	0,41	68	1	0,14	13,80	0,00	0,63	0,45
18	2	0,26	10,95	0,01	0,79	0,84	68	2	0,16	12,07	0,00	0,67	0,55
18	3	0,16	11,46	0,00	0,66	0,52	68	3	0,58	7,69	0,46	0,80	0,87
18	4	0,13	12,96	0,00	0,63	0,44	68	4	0,28	10,38	0,01	0,82	0,92
18	5	0,08	15,45	0,00	0,56	0,27	68	5	0,18	14,78	0,00	0,68	0,58
18	6	0,00	22,56	0,00	0,42	0,00	68	6	0,09	13,05	0,00	0,57	0,30
18	7	0,12	14,36	0,00	0,61	0,39	68	7	0,28	12,00	0,00	0,82	0,93
18	8	0,10	13,56	0,00	0,59	0,35	68	8	0,15	13,49	0,00	0,65	0,50
18	9	0,91	5,20	0,94	0,78	0,83	68	9	0,11	14,80	0,00	0,59	0,35
18	10	0,21	10,33	0,03	0,70	0,63	68	10	0,18	16,55	0,00	0,69	0,59
18	11	0,06	18,27	0,00	0,53	0,21	68	11	0,07	14,98	0,00	0,54	0,23
18	12	0,13	12,96	0,00	0,63	0,44	68	12	0,41	8,98	0,34	0,67	0,56
18	13	0,18	11,11	0,00	0,69	0,60	68	13	0,17	13,17	0,00	0,67	0,56
18	14	0,21	10,51	0,03	0,70	0,62	68	14	0,07	16,35	0,00	0,54	0,22
18	15	0,15	11,39	0,00	0,65	0,49	68	15	0,17	10,25	0,00	0,67	0,55
18	16	0,04	17,47	0,00	0,50	0,12	68	16	0,11	14,15	0,00	0,60	0,37
18	17	0,20	12,92	0,00	0,71	0,65	68	17	0,34	11,29	0,08	0,83	0,95
18	18	0,16	12,16	0,00	0,67	0,54	68	18	0,23	10,49	0,03	0,72	0,68
18	19	0,45	9,39	0,24	0,82	0,93	68	19	0,69	6,77	0,65	0,77	0,81
18	20	0,11	16,05	0,00	0,59	0,36	68	20	0,12	11,24	0,00	0,60	0,38
18	21	0,20	10,94	0,00	0,72	0,67	68	21	0,04	16,41	0,00	0,51	0,14
18	22	0,12	13,62	0,00	0,61	0,40	68	22	0,04	15,59	0,00	0,51	0,14
18	23	0,00	17,10	0,00	0,45	0,01	68	23	0,11	11,80	0,00	0,60	0,37
18	24	0,05	19,54	0,00	0,51	0,16	68	24	0,09	16,69	0,00	0,57	0,31
18	25	0,19	10,41	0,03	0,68	0,57	68	25	0,18	14,20	0,00	0,69	0,61
18	26	0,29	10,58	0,06	0,78	0,84	68	26	0,07	15,65	0,00	0,54	0,23
18	27	0,17	14,25	0,00	0,68	0,58	68	27	0,09	13,91	0,00	0,58	0,32
18	28	0,91	5,20	0,94	0,78	0,83	68	28	0,13	14,77	0,00	0,62	0,44
18	29	0,19	15,09	0,00	0,70	0,63	68	29	0,12	16,64	0,00	0,62	0,41
18	30	0,06	13,56	0,00	0,53	0,21	68	30	0,33	11,32	0,05	0,85	1,00
19	1	0,12	12,53	0,00	0,61	0,39	69	1	0,13	17,27	0,00	0,62	0,42
19	2	0,05	15,02	0,00	0,52	0,16	69	2	0,00	16,72	0,00	0,45	0,01
19	3	0,05	16,06	0,00	0,51	0,16	69	3	0,10	15,51	0,00	0,58	0,33
19	4	0,06	16,08	0,00	0,53	0,21	69	4	0,17	12,94	0,00	0,68	0,57
19	5	0,70	6,74	0,65	0,77	0,80	69	5	0,28	9,65	0,15	0,69	0,59
19	6	0,06	17,66	0,00	0,53	0,19	69	6	0,14	13,82	0,00	0,64	0,48
19	7	0,15	13,57	0,00	0,65	0,51	69	7	0,24	12,99	0,00	0,77	0,80
19	8	0,18	11,84	0,00	0,69	0,61	69	8	0,07	13,96	0,00	0,54	0,22
19	9	0,16	15,23	0,00	0,66	0,52	69	9	0,36	9,71	0,14	0,80	0,88
19	10	0,14	13,03	0,00	0,64	0,48	69	10	0,04	17,63	0,00	0,50	0,13
19	11	0,12	14,75	0,00	0,62	0,41	69	11	0,09	15,42	0,00	0,57	0,29
19	12	0,41	8,54	0,29	0,73	0,70	69	12	0,06	15,10	0,00	0,52	0,18
19	13	0,10	16,83	0,00	0,59	0,35	69	13	0,31	9,31	0,15	0,73	0,70
19	14	0,25	9,54	0,09	0,70	0,63	69	14	0,16	13,16	0,00	0,66	0,53
19	15	0,00	19,12	0,00	0,42	0,00	69	15	0,27	10,83	0,05	0,76	0,79
19	16	0,13	10,48	0,01	0,61	0,40	69	16	0,06	17,50	0,00	0,53	0,20
19	17	0,45	8,55	0,29	0,78	0,82	69	17	0,20	12,88	0,00	0,72	0,68
19	18	0,22	11,26	0,10	0,65	0,50	69	18	0,04	15,21	0,00	0,50	0,14
19	19	0,53	7,69	0,46	0,72	0,68	69	19	0,11	14,86	0,00	0,59	0,36
19	20	0,13	11,07	0,00	0,63	0,45	69	20	0,10	18,59	0,00	0,58	0,32
19	21	0,04	14,86	0,00	0,51	0,15	69	21	0,08	15,02	0,00	0,56	0,28
19	22	0,13	11,45	0,00	0,62	0,43	69	22	0,29	12,70	0,00	0,84	0,97

19	23	0,24	14,01	0,00	0,77	0,79	69	23	0,06	15,37	0,00	0,53	0,20
19	24	0,28	9,84	0,13	0,70	0,63	69	24	0,12	13,23	0,00	0,61	0,41
19	25	0,18	16,36	0,00	0,69	0,59	69	25	0,13	14,74	0,00	0,62	0,43
19	26	0,18	14,52	0,00	0,69	0,61	69	26	0,13	10,49	0,00	0,62	0,43
19	27	0,53	7,71	0,46	0,73	0,71	69	27	0,45	9,00	0,34	0,74	0,72
19	28	0,15	13,99	0,00	0,65	0,49	69	28	0,18	16,68	0,00	0,68	0,58
19	29	0,13	18,34	0,00	0,62	0,43	69	29	0,15	14,06	0,00	0,65	0,50
19	30	0,77	6,47	0,71	0,82	0,92	69	30	0,17	16,72	0,00	0,68	0,57
20	1	0,11	15,07	0,00	0,60	0,36	70	1	0,13	16,27	0,00	0,63	0,45
20	2	0,16	11,97	0,00	0,66	0,53	70	2	0,19	11,50	0,00	0,70	0,62
20	3	0,25	13,48	0,00	0,79	0,85	70	3	0,23	10,25	0,02	0,73	0,70
20	4	0,13	13,86	0,00	0,63	0,44	70	4	0,24	11,16	0,04	0,73	0,69
20	5	0,70	6,74	0,65	0,77	0,80	70	5	0,55	7,78	0,44	0,76	0,78
20	6	0,04	17,11	0,00	0,50	0,13	70	6	0,08	14,47	0,00	0,55	0,25
20	7	0,18	13,07	0,00	0,68	0,59	70	7	0,15	13,18	0,00	0,66	0,52
20	8	0,13	14,32	0,00	0,62	0,44	70	8	0,24	12,75	0,00	0,77	0,80
20	9	0,67	6,50	0,66	0,72	0,68	70	9	0,11	11,71	0,00	0,59	0,36
20	10	0,26	12,20	0,00	0,79	0,86	70	10	0,15	16,32	0,00	0,65	0,50
20	11	0,07	18,39	0,00	0,54	0,22	70	11	0,19	10,44	0,04	0,67	0,55
20	12	0,22	10,67	0,00	0,74	0,72	70	12	0,12	14,21	0,00	0,61	0,41
20	13	0,11	15,58	0,00	0,60	0,38	70	13	0,18	12,75	0,00	0,69	0,61
20	14	0,08	14,87	0,00	0,55	0,25	70	14	0,25	11,98	0,02	0,76	0,79
20	15	0,03	15,98	0,00	0,49	0,10	70	15	0,13	14,29	0,00	0,63	0,44
20	16	0,10	13,20	0,00	0,58	0,32	70	16	0,17	13,87	0,00	0,68	0,57
20	17	0,19	15,15	0,00	0,70	0,63	70	17	0,08	18,51	0,00	0,55	0,25
20	18	0,26	11,29	0,00	0,79	0,85	70	18	0,83	5,78	0,77	0,84	0,98
20	19	0,10	13,56	0,00	0,59	0,35	70	19	0,37	9,21	0,31	0,65	0,50
20	20	0,08	15,02	0,00	0,55	0,26	70	20	0,19	13,97	0,00	0,70	0,64
20	21	0,11	15,45	0,00	0,60	0,38	70	21	0,31	10,08	0,10	0,78	0,82
20	22	0,15	13,03	0,00	0,65	0,49	70	22	0,09	17,31	0,00	0,57	0,31
20	23	0,22	11,56	0,08	0,66	0,53	70	23	0,22	14,46	0,00	0,74	0,72
20	24	0,11	16,99	0,00	0,59	0,36	70	24	0,24	12,98	0,00	0,77	0,81
20	25	0,10	13,65	0,00	0,58	0,33	70	25	0,18	12,27	0,00	0,69	0,60
20	26	0,44	8,17	0,37	0,70	0,63	70	26	0,13	11,79	0,00	0,62	0,43
20	27	0,07	16,02	0,00	0,55	0,24	70	27	0,12	17,00	0,00	0,61	0,40
20	28	0,28	9,41	0,16	0,67	0,56	70	28	0,21	11,24	0,10	0,63	0,45
20	29	0,83	5,59	0,81	0,81	0,89	70	29	0,18	13,29	0,00	0,68	0,59
20	30	0,17	11,20	0,00	0,67	0,56	70	30	0,11	10,66	0,00	0,60	0,37
21	1	0,14	12,55	0,00	0,64	0,48	71	1	0,14	13,51	0,00	0,63	0,46
21	2	0,06	13,19	0,00	0,53	0,21	71	2	0,21	11,73	0,06	0,68	0,57
21	3	0,14	15,60	0,00	0,64	0,47	71	3	0,17	12,40	0,00	0,68	0,58
21	4	0,14	12,55	0,00	0,64	0,48	71	4	0,18	14,76	0,00	0,69	0,59
21	5	0,14	14,82	0,00	0,64	0,46	71	5	0,53	8,13	0,37	0,81	0,90
21	6	0,10	12,57	0,00	0,59	0,35	71	6	0,16	13,55	0,00	0,66	0,52
21	7	0,22	9,98	0,08	0,67	0,56	71	7	0,11	13,21	0,00	0,60	0,37
21	8	0,12	10,76	0,00	0,61	0,40	71	8	0,21	14,51	0,00	0,73	0,69
21	9	0,23	15,09	0,00	0,76	0,78	71	9	0,18	12,72	0,00	0,69	0,59
21	10	0,32	10,76	0,03	0,86	1,00	71	10	0,12	13,03	0,00	0,60	0,39
21	11	0,10	13,56	0,00	0,59	0,35	71	11	0,13	12,17	0,00	0,62	0,44
21	12	0,06	16,34	0,00	0,53	0,20	71	12	0,20	13,16	0,00	0,71	0,66
21	13	0,05	14,68	0,00	0,51	0,15	71	13	0,09	16,21	0,00	0,58	0,32
21	14	0,07	16,54	0,00	0,54	0,23	71	14	0,13	13,59	0,00	0,62	0,42
21	15	0,05	16,35	0,00	0,52	0,18	71	15	0,57	7,61	0,48	0,77	0,80
21	16	0,15	10,98	0,00	0,65	0,51	71	16	0,26	11,13	0,06	0,74	0,73
21	17	0,06	16,39	0,00	0,53	0,20	71	17	0,14	15,80	0,00	0,64	0,47
21	18	0,43	9,09	0,21	0,83	0,94	71	18	0,13	15,71	0,00	0,62	0,43
21	19	0,12	11,86	0,00	0,61	0,40	71	19	0,19	13,46	0,00	0,70	0,63
21	20	0,11	15,41	0,00	0,60	0,38	71	20	0,44	8,37	0,33	0,72	0,69
21	21	0,13	13,21	0,01	0,61	0,39	71	21	0,07	13,66	0,00	0,55	0,25
21	22	0,05	17,02	0,00	0,52	0,18	71	22	0,06	18,96	0,00	0,53	0,21
21	23	0,11	18,15	0,00	0,60	0,37	71	23	0,19	13,65	0,00	0,70	0,63
21	24	0,19	12,69	0,00	0,70	0,63	71	24	0,11	13,70	0,00	0,59	0,36
21	25	0,05	14,68	0,00	0,51	0,15	71	25	0,14	12,84	0,00	0,63	0,45
21	26	0,08	15,31	0,00	0,55	0,26	71	26	0,26	10,53	0,04	0,76	0,77
21	27	0,03	15,98	0,00	0,49	0,10	71	27	0,05	14,68	0,00	0,51	0,15
21	28	0,20	11,37	0,00	0,71	0,66	71	28	0,06	16,67	0,00	0,53	0,19
21	29	0,04	19,41	0,00	0,50	0,12	71	29	0,22	13,21	0,00	0,74	0,72
21	30	0,11	16,05	0,00	0,59	0,36	71	30	0,21	10,33	0,03	0,70	0,63
22	1	0,12	17,55	0,00	0,61	0,40	72	1	0,30	10,19	0,09	0,77	0,81
22	2	0,04	17,57	0,00	0,50	0,12	72	2	0,19	10,41	0,03	0,68	0,57
22	3	0,10	15,57	0,00	0,59	0,35	72	3	0,11	15,12	0,00	0,59	0,36
22	4	0,21	10,79	0,03	0,70	0,63	72	4	0,25	11,71	0,00	0,79	0,84
22	5	0,12	12,37	0,00	0,60	0,38	72	5	0,17	15,81	0,00	0,68	0,57
22	6	0,06	17,26	0,00	0,53	0,19	72	6	0,08	15,66	0,00	0,55	0,25
22	7	0,09	15,51	0,00	0,57	0,31	72	7	0,21	11,33	0,00	0,73	0,71
22	8	0,13	13,21	0,01	0,61	0,39	72	8	0,16	16,48	0,00	0,66	0,52
22	9	0,14	10,83	0,03	0,61	0,40	72	9	0,12	17,50	0,00	0,61	0,41
22	10	0,11	16,05	0,00	0,59	0,36	72	10	0,30	11,51	0,02	0,83	0,95
22	11	0,18	15,42	0,00	0,69	0,60	72	11	0,21	14,90	0,00	0,73	0,70
22	12	0,14	10,94	0,03	0,61	0,39	72	12	0,09	15,39	0,00	0,57	0,31
22	13	0,31	9,32	0,17	0,70	0,63	72	13	0,06	18,20	0,00	0,53	0,21

22	14	0,05	13,60	0,00	0,51	0,15	72	14	0,07	14,87	0,00	0,54	0,22
22	15	0,29	12,14	0,04	0,80	0,87	72	15	0,07	12,19	0,00	0,55	0,25
22	16	0,11	13,04	0,00	0,59	0,35	72	16	0,10	12,01	0,00	0,58	0,32
22	17	0,07	15,86	0,00	0,55	0,24	72	17	0,17	13,91	0,00	0,68	0,57
22	18	0,10	16,48	0,00	0,59	0,34	72	18	0,19	12,94	0,00	0,71	0,65
22	19	0,12	18,72	0,00	0,61	0,39	72	19	0,10	16,48	0,00	0,58	0,33
22	20	0,21	12,08	0,00	0,73	0,71	72	20	0,12	13,35	0,00	0,61	0,40
22	21	0,73	6,33	0,68	0,78	0,83	72	21	0,18	10,56	0,01	0,68	0,58
22	22	0,14	16,31	0,00	0,63	0,46	72	22	0,16	11,93	0,02	0,64	0,47
22	23	0,09	15,13	0,00	0,57	0,30	72	23	0,58	7,24	0,55	0,70	0,64
22	24	0,01	17,47	0,00	0,47	0,05	72	24	0,36	8,68	0,26	0,68	0,57
22	25	0,16	15,37	0,00	0,67	0,55	72	25	0,10	13,67	0,00	0,58	0,32
22	26	0,11	11,85	0,00	0,60	0,37	72	26	0,16	14,02	0,00	0,67	0,54
22	27	0,14	15,74	0,00	0,64	0,48	72	27	0,14	15,38	0,00	0,63	0,46
22	28	0,12	14,58	0,00	0,61	0,39	72	28	0,09	16,52	0,00	0,56	0,29
22	29	0,05	19,09	0,00	0,52	0,18	72	29	0,13	12,12	0,00	0,62	0,44
22	30	0,13	12,75	0,00	0,62	0,43	72	30	0,17	10,00	0,01	0,67	0,54
23	1	0,16	13,08	0,00	0,66	0,54	73	1	0,94	4,98	0,91	0,93	1,00
23	2	0,17	13,58	0,00	0,67	0,56	73	2	0,51	8,26	0,35	0,81	0,90
23	3	0,12	12,72	0,00	0,61	0,40	73	3	0,18	12,27	0,00	0,69	0,60
23	4	0,25	13,38	0,00	0,78	0,83	73	4	0,26	11,42	0,04	0,75	0,75
23	5	0,06	19,08	0,00	0,53	0,21	73	5	0,23	12,03	0,00	0,75	0,76
23	6	0,22	9,45	0,12	0,63	0,45	73	6	0,08	13,02	0,00	0,56	0,26
23	7	0,16	14,43	0,00	0,66	0,53	73	7	0,10	15,66	0,00	0,59	0,35
23	8	0,13	13,86	0,00	0,63	0,44	73	8	0,27	12,43	0,00	0,81	0,90
23	9	0,11	9,91	0,02	0,58	0,32	73	9	0,18	14,78	0,00	0,69	0,60
23	10	0,11	16,17	0,00	0,59	0,35	73	10	0,05	19,09	0,00	0,52	0,18
23	11	0,10	13,56	0,00	0,59	0,35	73	11	0,94	4,51	0,95	0,81	0,91
23	12	0,23	10,37	0,15	0,62	0,43	73	12	0,14	16,41	0,00	0,63	0,46
23	13	0,08	15,45	0,00	0,56	0,27	73	13	0,17	15,71	0,00	0,67	0,56
23	14	0,10	12,69	0,00	0,58	0,33	73	14	0,21	12,11	0,00	0,73	0,69
23	15	0,21	10,51	0,03	0,70	0,62	73	15	0,18	14,35	0,00	0,70	0,61
23	16	0,09	13,05	0,00	0,57	0,30	73	16	0,06	20,10	0,00	0,53	0,21
23	17	0,21	14,42	0,00	0,73	0,71	73	17	0,20	13,64	0,00	0,71	0,65
23	18	0,18	13,18	0,00	0,69	0,60	73	18	0,22	13,98	0,00	0,75	0,75
23	19	0,23	10,78	0,00	0,76	0,78	73	19	0,07	16,33	0,00	0,54	0,22
23	20	0,10	13,56	0,00	0,59	0,35	73	20	0,47	8,22	0,40	0,70	0,64
23	21	0,12	16,94	0,00	0,61	0,40	73	21	0,22	13,72	0,00	0,74	0,73
23	22	0,09	16,22	0,00	0,58	0,31	73	22	0,16	13,51	0,00	0,67	0,54
23	23	0,03	18,03	0,00	0,49	0,09	73	23	0,14	13,65	0,00	0,63	0,45
23	24	0,40	8,37	0,33	0,68	0,56	73	24	0,22	10,39	0,08	0,67	0,55
23	25	0,05	16,85	0,00	0,51	0,15	73	25	0,21	13,08	0,00	0,73	0,70
23	26	0,14	12,55	0,00	0,64	0,48	73	26	0,19	15,36	0,00	0,70	0,62
23	27	0,11	14,00	0,00	0,60	0,37	73	27	0,12	11,73	0,00	0,60	0,39
23	28	0,37	8,98	0,21	0,75	0,76	73	28	0,16	16,84	0,00	0,66	0,53
23	29	0,12	15,59	0,00	0,61	0,41	73	29	0,45	8,19	0,36	0,72	0,67
23	30	0,30	12,58	0,00	0,86	1,00	73	30	0,14	13,46	0,00	0,64	0,46
24	1	0,18	14,01	0,00	0,69	0,61	74	1	0,13	14,60	0,00	0,62	0,43
24	2	0,03	15,64	0,00	0,49	0,11	74	2	0,06	19,45	0,00	0,53	0,20
24	3	0,08	13,11	0,00	0,56	0,28	74	3	0,19	13,99	0,00	0,70	0,64
24	4	0,17	13,80	0,00	0,68	0,57	74	4	0,20	11,61	0,00	0,72	0,67
24	5	0,00	16,67	0,00	0,43	0,00	74	5	0,13	16,53	0,00	0,62	0,44
24	6	0,04	15,62	0,00	0,50	0,13	74	6	0,28	12,52	0,00	0,82	0,93
24	7	0,12	15,59	0,00	0,60	0,38	74	7	0,12	13,59	0,00	0,62	0,42
24	8	0,00	18,47	0,00	0,45	0,00	74	8	0,22	12,48	0,00	0,74	0,72
24	9	0,11	16,05	0,00	0,59	0,36	74	9	0,12	14,40	0,00	0,61	0,40
24	10	0,16	15,71	0,00	0,66	0,53	74	10	0,12	14,00	0,00	0,61	0,40
24	11	0,21	10,03	0,02	0,71	0,65	74	11	0,27	11,01	0,04	0,77	0,81
24	12	0,14	14,04	0,00	0,63	0,46	74	12	0,06	17,39	0,00	0,53	0,20
24	13	0,00	17,13	0,00	0,45	0,00	74	13	0,11	12,55	0,00	0,59	0,36
24	14	0,10	17,53	0,00	0,59	0,35	74	14	0,09	13,73	0,00	0,57	0,29
24	15	0,20	12,65	0,00	0,72	0,67	74	15	0,14	15,05	0,00	0,64	0,48
24	16	0,07	16,13	0,00	0,55	0,24	74	16	0,15	11,52	0,03	0,62	0,43
24	17	0,12	16,49	0,00	0,61	0,39	74	17	0,13	14,82	0,00	0,63	0,44
24	18	0,11	18,14	0,00	0,60	0,37	74	18	0,05	16,10	0,00	0,52	0,18
24	19	0,05	17,44	0,00	0,51	0,15	74	19	0,07	19,78	0,00	0,55	0,24
24	20	0,24	13,96	0,00	0,77	0,81	74	20	0,16	15,98	0,00	0,66	0,54
24	21	0,07	15,37	0,00	0,54	0,22	74	21	0,24	13,24	0,00	0,76	0,79
24	22	0,04	17,29	0,00	0,51	0,15	74	22	0,05	14,68	0,00	0,51	0,15
24	23	0,06	15,40	0,00	0,53	0,20	74	23	0,44	8,17	0,37	0,70	0,63
24	24	0,27	10,21	0,12	0,70	0,61	74	24	0,04	15,34	0,00	0,50	0,14
24	25	0,04	15,65	0,00	0,51	0,14	74	25	0,24	11,58	0,00	0,77	0,80
24	26	0,09	13,67	0,00	0,57	0,31	74	26	0,09	12,63	0,00	0,58	0,32
24	27	0,17	10,62	0,00	0,67	0,56	74	27	0,12	11,75	0,00	0,60	0,38
24	28	0,08	14,06	0,00	0,55	0,25	74	28	0,14	11,86	0,00	0,64	0,47
24	29	0,35	9,34	0,22	0,71	0,65	74	29	0,11	18,14	0,00	0,60	0,37
24	30	0,22	11,26	0,00	0,74	0,73	74	30	0,70	6,59	0,68	0,75	0,75
25	1	0,22	11,27	0,00	0,74	0,72	75	1	0,10	15,17	0,00	0,58	0,33
25	2	0,11	13,58	0,00	0,60	0,37	75	2	0,16	14,23	0,00	0,67	0,55
25	3	0,15	11,56	0,00	0,65	0,51	75	3	0,19	13,93	0,00	0,70	0,63
25	4	0,13	11,03	0,01	0,62	0,42	75	4	0,15	15,83	0,00	0,65	0,51

25	5	0,26	12,40	0,00	0,79	0,86	75	5	0,25	15,62	0,00	0,79	0,84
25	6	0,11	16,33	0,00	0,59	0,36	75	6	0,08	13,00	0,00	0,55	0,26
25	7	0,06	18,12	0,00	0,53	0,19	75	7	0,18	11,79	0,01	0,67	0,56
25	8	0,14	12,46	0,00	0,63	0,45	75	8	0,93	4,86	0,98	0,78	0,83
25	9	0,10	17,99	0,00	0,58	0,33	75	9	0,24	13,45	0,00	0,77	0,81
25	10	0,12	11,78	0,00	0,61	0,40	75	10	0,15	14,20	0,00	0,65	0,50
25	11	0,16	10,99	0,06	0,61	0,39	75	11	0,11	14,12	0,00	0,60	0,36
25	12	0,06	16,77	0,00	0,53	0,20	75	12	0,08	18,05	0,00	0,56	0,28
25	13	0,13	15,30	0,00	0,63	0,44	75	13	0,23	10,90	0,02	0,74	0,71
25	14	0,17	12,74	0,00	0,67	0,56	75	14	0,38	9,69	0,18	0,79	0,85
25	15	0,15	10,79	0,00	0,65	0,50	75	15	0,08	16,27	0,00	0,56	0,27
25	16	0,17	10,84	0,05	0,64	0,47	75	16	0,20	12,90	0,00	0,72	0,67
25	17	0,29	10,64	0,09	0,75	0,75	75	17	0,16	13,27	0,00	0,66	0,53
25	18	0,06	15,62	0,00	0,53	0,19	75	18	0,13	15,75	0,00	0,63	0,44
25	19	0,15	17,02	0,00	0,66	0,52	75	19	0,21	14,80	0,00	0,73	0,69
25	20	0,14	16,75	0,00	0,64	0,47	75	20	0,69	6,77	0,65	0,77	0,81
25	21	0,17	12,38	0,00	0,68	0,57	75	21	0,35	9,20	0,19	0,74	0,71
25	22	0,13	13,86	0,00	0,63	0,44	75	22	0,74	6,84	0,63	0,91	1,00
25	23	0,05	18,07	0,00	0,51	0,15	75	23	0,16	15,41	0,00	0,67	0,55
25	24	0,07	13,30	0,00	0,54	0,23	75	24	0,33	10,78	0,06	0,84	0,97
25	25	0,12	14,61	0,00	0,61	0,40	75	25	0,09	15,07	0,00	0,57	0,31
25	26	0,32	10,56	0,03	0,86	1,00	75	26	0,11	15,12	0,00	0,59	0,36
25	27	0,05	17,54	0,00	0,52	0,17	75	27	0,13	10,66	0,02	0,60	0,38
25	28	0,11	16,25	0,00	0,60	0,37	75	28	0,09	16,08	0,00	0,57	0,31
25	29	0,12	14,84	0,00	0,61	0,41	75	29	0,20	10,33	0,00	0,71	0,66
25	30	0,20	13,42	0,00	0,72	0,67	75	30	0,21	10,79	0,03	0,70	0,63
26	1	0,10	13,06	0,00	0,58	0,32	76	1	0,12	16,64	0,00	0,62	0,41
26	2	0,10	13,04	0,00	0,58	0,32	76	2	0,19	12,10	0,00	0,70	0,63
26	3	0,07	12,40	0,02	0,52	0,18	76	3	0,08	19,87	0,00	0,55	0,26
26	4	0,13	12,77	0,00	0,62	0,43	76	4	0,13	16,53	0,00	0,62	0,44
26	5	0,19	14,98	0,00	0,71	0,65	76	5	0,23	10,76	0,00	0,76	0,77
26	6	0,20	11,27	0,00	0,72	0,67	76	6	0,16	10,71	0,00	0,66	0,52
26	7	0,12	12,08	0,00	0,60	0,38	76	7	0,27	10,43	0,17	0,65	0,50
26	8	0,02	16,74	0,00	0,47	0,06	76	8	0,05	19,82	0,00	0,51	0,16
26	9	0,18	13,18	0,00	0,69	0,60	76	9	0,08	13,00	0,00	0,55	0,26
26	10	0,21	13,98	0,00	0,73	0,71	76	10	0,14	16,49	0,00	0,64	0,47
26	11	0,11	12,87	0,00	0,59	0,36	76	11	0,10	12,75	0,00	0,59	0,34
26	12	0,09	12,74	0,00	0,57	0,29	76	12	0,09	16,65	0,00	0,56	0,28
26	13	0,19	13,77	0,00	0,70	0,62	76	13	0,05	18,00	0,00	0,51	0,16
26	14	0,19	14,28	0,00	0,70	0,62	76	14	0,17	12,70	0,00	0,68	0,57
26	15	0,91	5,20	0,94	0,78	0,83	76	15	0,07	13,86	0,00	0,55	0,24
26	16	0,13	12,95	0,00	0,62	0,43	76	16	0,04	17,87	0,00	0,50	0,12
26	17	0,20	12,38	0,00	0,71	0,66	76	17	0,20	13,74	0,01	0,71	0,64
26	18	0,30	9,22	0,16	0,70	0,62	76	18	0,34	10,36	0,19	0,72	0,68
26	19	0,20	12,64	0,00	0,72	0,67	76	19	0,11	15,33	0,00	0,60	0,38
26	20	0,09	13,47	0,00	0,57	0,30	76	20	0,15	11,70	0,06	0,60	0,39
26	21	0,07	12,40	0,02	0,52	0,18	76	21	0,14	11,92	0,00	0,64	0,46
26	22	0,16	15,33	0,00	0,66	0,53	76	22	0,11	17,68	0,00	0,59	0,35
26	23	0,21	15,95	0,00	0,73	0,70	76	23	0,19	14,34	0,00	0,70	0,63
26	24	0,07	12,37	0,00	0,54	0,22	76	24	0,25	10,86	0,04	0,74	0,74
26	25	0,06	19,40	0,00	0,52	0,19	76	25	0,23	13,84	0,00	0,76	0,78
26	26	0,00	18,04	0,00	0,43	0,00	76	26	0,15	12,90	0,00	0,65	0,50
26	27	0,05	18,88	0,00	0,52	0,17	76	27	0,01	14,82	0,00	0,47	0,05
26	28	0,08	14,57	0,00	0,56	0,28	76	28	0,04	16,77	0,00	0,51	0,15
26	29	0,05	17,66	0,00	0,52	0,18	76	29	0,28	14,45	0,00	0,82	0,93
26	30	0,08	11,58	0,00	0,55	0,25	76	30	0,89	4,91	0,94	0,76	0,78
27	1	0,21	11,87	0,00	0,72	0,68	77	1	0,44	9,42	0,23	0,82	0,94
27	2	0,28	9,58	0,08	0,74	0,72	77	2	0,23	10,91	0,00	0,76	0,78
27	3	0,44	8,17	0,37	0,70	0,63	77	3	0,16	14,18	0,00	0,66	0,53
27	4	0,13	12,29	0,00	0,62	0,43	77	4	0,19	18,08	0,00	0,70	0,62
27	5	0,21	12,93	0,00	0,73	0,71	77	5	0,20	12,38	0,00	0,71	0,66
27	6	0,44	8,17	0,37	0,70	0,63	77	6	0,07	17,59	0,00	0,54	0,23
27	7	0,18	15,99	0,00	0,69	0,59	77	7	0,20	13,17	0,00	0,72	0,67
27	8	0,91	5,20	0,94	0,78	0,83	77	8	0,16	15,87	0,00	0,66	0,53
27	9	0,00	19,03	0,00	0,45	0,00	77	9	0,14	16,95	0,00	0,64	0,47
27	10	0,21	10,60	0,05	0,68	0,58	77	10	0,73	6,92	0,62	0,88	1,00
27	11	0,00	18,33	0,00	0,43	0,00	77	11	0,37	8,84	0,28	0,69	0,60
27	12	0,07	16,13	0,00	0,55	0,24	77	12	0,15	14,15	0,00	0,65	0,50
27	13	0,08	16,92	0,00	0,55	0,25	77	13	0,24	11,11	0,05	0,73	0,69
27	14	0,13	13,01	0,00	0,62	0,42	77	14	0,83	5,38	0,87	0,74	0,74
27	15	0,09	14,56	0,00	0,57	0,31	77	15	0,19	12,94	0,00	0,70	0,62
27	16	0,06	15,71	0,00	0,54	0,21	77	16	0,19	13,27	0,00	0,70	0,62
27	17	0,21	13,22	0,00	0,73	0,70	77	17	0,16	14,54	0,00	0,66	0,54
27	18	0,06	15,18	0,00	0,53	0,21	77	18	0,37	9,21	0,31	0,65	0,50
27	19	0,10	14,48	0,00	0,58	0,34	77	19	0,12	15,58	0,00	0,61	0,41
27	20	0,11	12,18	0,00	0,59	0,36	77	20	0,48	8,31	0,34	0,78	0,81
27	21	0,10	13,56	0,00	0,59	0,35	77	21	0,19	14,91	0,00	0,70	0,64
27	22	0,04	17,57	0,00	0,51	0,15	77	22	0,08	19,57	0,00	0,56	0,27
27	23	0,06	15,27	0,00	0,53	0,20	77	23	0,11	13,17	0,00	0,60	0,38
27	24	0,44	8,17	0,37	0,70	0,63	77	24	0,21	13,23	0,00	0,72	0,68
27	25	0,18	11,11	0,00	0,69	0,60	77	25	0,15	13,96	0,00	0,65	0,51

27	26	0,13	15,18	0,00	0,62	0,43	77	26	0,85	4,05	0,94	0,72	0,66
27	27	0,06	12,10	0,00	0,53	0,19	77	27	0,03	15,29	0,00	0,48	0,09
27	28	0,16	11,83	0,00	0,66	0,53	77	28	0,16	17,13	0,00	0,66	0,52
27	29	0,07	18,68	0,00	0,54	0,23	77	29	0,20	14,88	0,00	0,72	0,68
27	30	0,05	15,80	0,00	0,51	0,16	77	30	0,15	15,46	0,00	0,65	0,50
28	1	0,16	15,38	0,00	0,66	0,53	78	1	0,25	11,88	0,00	0,78	0,82
28	2	0,13	16,82	0,00	0,63	0,45	78	2	0,13	15,09	0,00	0,63	0,44
28	3	0,06	14,87	0,00	0,53	0,20	78	3	0,05	19,58	0,00	0,52	0,17
28	4	0,19	10,35	0,03	0,68	0,59	78	4	0,62	7,74	0,45	0,87	1,00
28	5	0,16	12,65	0,00	0,67	0,54	78	5	0,16	12,21	0,00	0,66	0,53
28	6	0,21	14,42	0,00	0,73	0,71	78	6	0,27	8,98	0,20	0,61	0,41
28	7	0,04	19,00	0,00	0,50	0,14	78	7	0,15	15,95	0,00	0,65	0,49
28	8	0,05	18,91	0,00	0,52	0,18	78	8	0,18	12,27	0,00	0,69	0,60
28	9	0,10	13,02	0,00	0,58	0,33	78	9	0,16	10,29	0,00	0,67	0,54
28	10	0,13	15,15	0,00	0,63	0,44	78	10	0,14	12,97	0,00	0,63	0,46
28	11	0,12	15,27	0,00	0,61	0,40	78	11	0,14	19,14	0,00	0,64	0,46
28	12	0,09	17,01	0,00	0,57	0,29	78	12	0,38	9,57	0,14	0,83	0,94
28	13	0,04	19,43	0,00	0,50	0,13	78	13	0,08	18,66	0,00	0,56	0,26
28	14	0,08	18,47	0,00	0,55	0,25	78	14	0,05	16,91	0,00	0,52	0,17
28	15	0,08	16,08	0,00	0,56	0,27	78	15	0,17	10,55	0,01	0,66	0,52
28	16	0,19	10,96	0,00	0,69	0,61	78	16	0,21	13,09	0,00	0,73	0,71
28	17	0,13	13,86	0,00	0,63	0,44	78	17	0,13	15,38	0,00	0,63	0,45
28	18	0,09	15,23	0,00	0,57	0,29	78	18	0,08	13,90	0,00	0,56	0,26
28	19	0,27	9,60	0,09	0,73	0,69	78	19	0,25	11,88	0,00	0,78	0,82
28	20	0,07	18,89	0,00	0,54	0,23	78	20	0,32	10,64	0,03	0,91	1,00
28	21	0,09	16,16	0,00	0,57	0,30	78	21	0,23	11,04	0,04	0,72	0,67
28	22	0,26	12,45	0,00	0,80	0,88	78	22	0,09	15,02	0,00	0,57	0,30
28	23	0,17	15,95	0,00	0,68	0,56	78	23	0,12	16,59	0,00	0,60	0,39
28	24	0,03	14,74	0,00	0,49	0,10	78	24	0,15	14,70	0,00	0,65	0,49
28	25	0,05	19,05	0,00	0,51	0,16	78	25	0,18	12,47	0,00	0,69	0,59
28	26	0,13	14,01	0,00	0,62	0,44	78	26	0,07	18,10	0,00	0,54	0,23
28	27	0,12	12,77	0,00	0,61	0,41	78	27	0,10	13,74	0,00	0,58	0,33
28	28	0,10	13,04	0,00	0,58	0,33	78	28	0,01	19,17	0,00	0,46	0,03
28	29	0,27	11,77	0,00	0,80	0,89	78	29	0,16	13,84	0,00	0,66	0,52
28	30	0,18	13,14	0,00	0,69	0,60	78	30	0,21	10,79	0,03	0,70	0,63
29	1	0,06	14,51	0,00	0,53	0,21	79	1	0,51	8,85	0,34	0,81	0,91
29	2	0,13	13,99	0,00	0,63	0,45	79	2	0,13	10,88	0,00	0,63	0,44
29	3	0,07	12,54	0,00	0,55	0,24	79	3	0,13	13,78	0,01	0,61	0,41
29	4	0,28	10,65	0,09	0,74	0,73	79	4	0,23	11,13	0,00	0,76	0,77
29	5	0,16	14,89	0,00	0,67	0,54	79	5	0,10	14,73	0,00	0,59	0,35
29	6	0,13	15,58	0,00	0,62	0,42	79	6	0,07	13,47	0,00	0,55	0,25
29	7	0,13	11,95	0,00	0,62	0,42	79	7	0,14	16,86	0,00	0,64	0,48
29	8	0,11	17,13	0,00	0,59	0,35	79	8	0,06	15,44	0,00	0,53	0,20
29	9	0,09	14,46	0,00	0,56	0,29	79	9	0,14	12,93	0,00	0,63	0,46
29	10	0,20	13,87	0,00	0,71	0,65	79	10	0,18	14,90	0,00	0,69	0,60
29	11	0,22	11,17	0,03	0,72	0,67	79	11	0,09	16,23	0,00	0,57	0,31
29	12	0,24	11,15	0,01	0,77	0,79	79	12	0,18	11,93	0,00	0,69	0,61
29	13	0,06	13,39	0,00	0,53	0,20	79	13	0,08	15,45	0,00	0,56	0,27
29	14	0,22	13,79	0,00	0,74	0,72	79	14	0,07	16,71	0,00	0,54	0,23
29	15	0,19	12,34	0,00	0,70	0,62	79	15	0,21	14,25	0,00	0,73	0,70
29	16	0,09	13,46	0,00	0,57	0,30	79	16	0,15	17,10	0,00	0,65	0,50
29	17	0,23	11,04	0,04	0,72	0,67	79	17	0,15	14,21	0,00	0,65	0,50
29	18	0,62	7,35	0,53	0,78	0,83	79	18	0,22	11,97	0,00	0,75	0,74
29	19	0,16	16,16	0,00	0,66	0,52	79	19	0,16	16,45	0,00	0,66	0,53
29	20	0,17	15,49	0,00	0,68	0,58	79	20	0,16	16,99	0,00	0,66	0,53
29	21	0,20	11,11	0,00	0,72	0,68	79	21	0,20	12,64	0,00	0,72	0,67
29	22	0,21	13,84	0,00	0,73	0,70	79	22	0,15	11,43	0,00	0,66	0,52
29	23	0,08	12,48	0,00	0,56	0,28	79	23	0,19	13,40	0,00	0,71	0,65
29	24	0,11	14,74	0,00	0,59	0,36	79	24	0,06	16,94	0,00	0,53	0,20
29	25	0,06	17,37	0,00	0,54	0,21	79	25	0,34	8,85	0,27	0,66	0,51
29	26	0,12	13,12	0,00	0,61	0,40	79	26	0,17	11,56	0,00	0,67	0,56
29	27	0,10	17,79	0,00	0,58	0,32	79	27	0,18	10,97	0,00	0,69	0,61
29	28	0,06	17,91	0,00	0,53	0,20	79	28	0,10	12,74	0,00	0,59	0,35
29	29	0,21	12,40	0,00	0,72	0,68	79	29	0,24	13,10	0,00	0,77	0,81
29	30	0,18	11,29	0,00	0,69	0,60	79	30	0,46	8,93	0,33	0,75	0,75
30	1	0,14	15,49	0,00	0,64	0,47	80	1	0,22	13,21	0,00	0,74	0,73
30	2	0,08	14,71	0,00	0,55	0,26	80	2	0,10	15,11	0,00	0,58	0,33
30	3	0,41	8,54	0,29	0,73	0,70	80	3	0,09	14,90	0,00	0,57	0,31
30	4	0,10	13,56	0,00	0,59	0,35	80	4	0,20	14,65	0,00	0,72	0,67
30	5	0,24	15,74	0,00	0,77	0,81	80	5	0,21	13,26	0,00	0,73	0,69
30	6	0,09	10,92	0,00	0,57	0,31	80	6	0,21	11,48	0,00	0,74	0,72
30	7	0,13	15,88	0,00	0,62	0,43	80	7	0,15	13,49	0,00	0,65	0,50
30	8	0,12	10,76	0,00	0,61	0,40	80	8	0,25	12,39	0,00	0,79	0,84
30	9	0,05	14,00	0,00	0,52	0,18	80	9	0,08	11,58	0,00	0,55	0,25
30	10	0,16	13,37	0,00	0,66	0,53	80	10	0,19	13,93	0,00	0,70	0,63
30	11	0,42	9,14	0,21	0,81	0,90	80	11	0,11	12,84	0,00	0,60	0,38
30	12	0,20	14,21	0,00	0,72	0,66	80	12	0,13	14,49	0,00	0,63	0,44
30	13	0,07	13,91	0,00	0,54	0,23	80	13	0,13	14,79	0,00	0,62	0,42
30	14	0,14	13,16	0,00	0,64	0,48	80	14	0,19	10,76	0,06	0,65	0,49
30	15	0,24	10,15	0,01	0,76	0,78	80	15	0,12	13,43	0,00	0,61	0,40
30	16	0,19	11,90	0,00	0,71	0,64	80	16	0,15	13,15	0,00	0,65	0,51

30	17	0,25	11,13	0,00	0,79	0,85	80	17	0,69	7,18	0,56	0,85	1,00
30	18	0,21	13,56	0,00	0,73	0,71	80	18	0,23	14,53	0,00	0,76	0,77
30	19	0,20	15,57	0,00	0,71	0,65	80	19	0,10	16,48	0,00	0,58	0,33
30	20	0,00	17,56	0,00	0,45	0,00	80	20	0,22	12,70	0,04	0,70	0,64
30	21	0,79	5,90	0,82	0,74	0,73	80	21	0,22	13,78	0,00	0,74	0,73
30	22	0,22	12,30	0,00	0,74	0,73	80	22	0,12	11,87	0,00	0,61	0,39
30	23	0,03	16,18	0,00	0,49	0,10	80	23	0,16	12,74	0,00	0,66	0,53
30	24	0,13	13,66	0,00	0,62	0,42	80	24	0,11	18,63	0,00	0,60	0,38
30	25	0,11	13,58	0,00	0,60	0,37	80	25	0,11	13,00	0,00	0,59	0,36
30	26	0,13	12,68	0,00	0,62	0,43	80	26	0,21	14,93	0,00	0,73	0,70
30	27	0,09	15,88	0,00	0,58	0,31	80	27	0,18	13,16	0,00	0,68	0,59
30	28	0,27	10,84	0,00	0,81	0,90	80	28	0,14	17,29	0,00	0,63	0,45
30	29	0,12	14,48	0,00	0,62	0,42	80	29	0,15	16,00	0,00	0,65	0,51
30	30	0,05	15,59	0,00	0,52	0,17	80	30	0,13	11,79	0,00	0,62	0,43
31	1	0,13	15,69	0,00	0,63	0,44	81	1	0,14	16,70	0,00	0,64	0,48
31	2	0,24	10,85	0,06	0,72	0,67	81	2	0,07	13,76	0,00	0,54	0,22
31	3	0,24	10,31	0,00	0,77	0,80	81	3	0,14	10,94	0,03	0,61	0,39
31	4	0,21	14,67	0,00	0,73	0,71	81	4	0,25	11,48	0,00	0,79	0,84
31	5	0,36	10,26	0,13	0,81	0,90	81	5	0,19	15,00	0,00	0,70	0,63
31	6	0,05	14,82	0,00	0,52	0,18	81	6	0,17	16,86	0,00	0,68	0,56
31	7	0,12	13,63	0,00	0,62	0,41	81	7	0,10	12,77	0,00	0,58	0,33
31	8	0,12	13,19	0,00	0,60	0,39	81	8	0,07	13,19	0,00	0,54	0,23
31	9	0,86	5,25	0,91	0,75	0,75	81	9	0,11	15,96	0,00	0,60	0,38
31	10	0,15	16,60	0,00	0,64	0,48	81	10	0,12	13,33	0,00	0,61	0,41
31	11	0,20	13,42	0,00	0,72	0,67	81	11	0,21	13,01	0,00	0,73	0,71
31	12	0,14	16,87	0,00	0,63	0,46	81	12	0,14	13,24	0,00	0,64	0,48
31	13	0,31	9,36	0,14	0,73	0,71	81	13	0,07	14,30	0,00	0,54	0,24
31	14	0,66	6,87	0,61	0,76	0,78	81	14	0,30	9,68	0,13	0,73	0,70
31	15	0,91	5,20	0,94	0,78	0,83	81	15	0,14	16,94	0,00	0,63	0,45
31	16	0,11	17,64	0,00	0,59	0,35	81	16	0,02	16,30	0,00	0,48	0,07
31	17	0,21	10,42	0,14	0,60	0,38	81	17	0,61	7,77	0,45	0,84	0,98
31	18	0,17	10,84	0,05	0,64	0,47	81	18	0,14	14,54	0,00	0,64	0,46
31	19	0,23	11,04	0,04	0,72	0,67	81	19	0,14	16,18	0,00	0,64	0,47
31	20	0,49	8,38	0,32	0,80	0,86	81	20	0,07	17,96	0,00	0,54	0,23
31	21	0,09	12,99	0,00	0,56	0,29	81	21	0,14	15,51	0,00	0,64	0,48
31	22	0,10	17,53	0,00	0,59	0,35	81	22	0,06	18,45	0,00	0,54	0,22
31	23	0,20	9,51	0,10	0,63	0,45	81	23	0,13	16,52	0,00	0,62	0,42
31	24	0,04	15,67	0,00	0,50	0,12	81	24	0,12	17,91	0,00	0,60	0,38
31	25	0,14	11,61	0,00	0,63	0,46	81	25	0,17	11,12	0,06	0,62	0,43
31	26	0,09	14,88	0,00	0,57	0,31	81	26	0,02	16,97	0,00	0,48	0,07
31	27	0,15	16,03	0,00	0,65	0,51	81	27	0,15	14,75	0,00	0,65	0,49
31	28	0,06	15,22	0,00	0,53	0,21	81	28	0,04	16,14	0,00	0,51	0,15
31	29	0,12	15,31	0,00	0,61	0,40	81	29	0,08	18,35	0,00	0,56	0,28
31	30	0,14	15,85	0,00	0,63	0,46	81	30	0,28	12,00	0,00	0,83	0,94
32	1	0,17	15,41	0,00	0,68	0,58	82	1	0,26	11,68	0,06	0,75	0,74
32	2	0,26	10,28	0,07	0,74	0,72	82	2	0,27	10,56	0,06	0,76	0,77
32	3	0,24	11,42	0,04	0,72	0,68	82	3	0,05	17,00	0,00	0,52	0,18
32	4	0,12	14,37	0,00	0,61	0,39	82	4	0,11	16,77	0,00	0,59	0,35
32	5	0,18	12,63	0,00	0,69	0,60	82	5	0,28	10,23	0,13	0,70	0,62
32	6	0,15	13,23	0,00	0,66	0,51	82	6	0,12	13,89	0,00	0,61	0,40
32	7	0,08	13,67	0,00	0,56	0,28	82	7	0,18	11,86	0,04	0,66	0,52
32	8	0,07	12,40	0,02	0,52	0,18	82	8	0,09	13,88	0,00	0,57	0,31
32	9	0,08	16,58	0,00	0,56	0,28	82	9	0,12	18,00	0,00	0,60	0,39
32	10	0,14	14,20	0,00	0,63	0,46	82	10	0,23	11,85	0,00	0,76	0,78
32	11	0,07	18,64	0,00	0,54	0,23	82	11	0,03	15,50	0,00	0,49	0,09
32	12	0,07	14,47	0,00	0,54	0,22	82	12	0,20	10,45	0,03	0,69	0,59
32	13	0,11	16,40	0,00	0,60	0,36	82	13	0,07	14,47	0,00	0,54	0,22
32	14	0,11	13,73	0,00	0,59	0,35	82	14	0,08	20,05	0,00	0,55	0,26
32	15	0,14	10,94	0,03	0,61	0,39	82	15	0,07	12,19	0,00	0,55	0,25
32	16	0,14	17,93	0,00	0,64	0,48	82	16	0,00	16,61	0,00	0,44	0,00
32	17	0,09	12,33	0,00	0,58	0,31	82	17	0,05	17,56	0,00	0,51	0,16
32	18	0,09	12,95	0,00	0,58	0,31	82	18	0,19	11,07	0,07	0,64	0,48
32	19	0,16	11,06	0,07	0,60	0,38	82	19	0,17	10,85	0,04	0,64	0,47
32	20	0,34	9,68	0,17	0,74	0,73	82	20	0,18	10,37	0,05	0,65	0,49
32	21	0,12	16,07	0,00	0,62	0,42	82	21	0,09	13,22	0,00	0,56	0,29
32	22	0,11	17,48	0,00	0,60	0,36	82	22	0,12	14,33	0,00	0,61	0,41
32	23	0,12	13,26	0,00	0,61	0,41	82	23	0,13	13,09	0,00	0,62	0,44
32	24	0,05	14,68	0,00	0,51	0,15	82	24	0,24	13,04	0,00	0,77	0,79
32	25	0,19	14,57	0,00	0,70	0,63	82	25	0,11	14,14	0,00	0,60	0,37
32	26	0,08	18,47	0,00	0,55	0,25	82	26	0,09	14,88	0,00	0,57	0,31
32	27	0,05	14,62	0,00	0,51	0,16	82	27	0,00	22,68	0,00	0,39	0,00
32	28	0,14	13,88	0,00	0,64	0,47	82	28	0,08	19,06	0,00	0,56	0,27
32	29	0,07	18,94	0,00	0,54	0,22	82	29	0,11	13,46	0,00	0,59	0,35
32	30	0,17	11,01	0,00	0,68	0,57	82	30	0,10	13,81	0,00	0,59	0,35
33	1	0,20	13,71	0,00	0,72	0,68	83	1	0,19	17,09	0,00	0,71	0,64
33	2	0,07	12,92	0,00	0,55	0,24	83	2	0,67	6,91	0,62	0,77	0,79
33	3	0,13	12,45	0,00	0,62	0,42	83	3	0,14	13,59	0,00	0,64	0,47
33	4	0,22	14,01	0,00	0,74	0,72	83	4	0,18	12,62	0,00	0,69	0,59
33	5	0,35	10,23	0,08	0,85	0,99	83	5	0,21	14,77	0,00	0,73	0,71
33	6	0,13	13,38	0,00	0,62	0,42	83	6	0,11	15,54	0,00	0,59	0,35
33	7	0,14	14,54	0,00	0,64	0,46	83	7	0,13	15,65	0,00	0,63	0,45

33	8	0,15	14,99	0,00	0,65	0,50	83	8	0,91	4,83	0,97	0,76	0,78
33	9	0,11	14,90	0,00	0,60	0,38	83	9	0,10	13,44	0,00	0,59	0,34
33	10	0,09	13,89	0,00	0,57	0,31	83	10	0,17	16,07	0,00	0,68	0,57
33	11	0,53	7,69	0,46	0,72	0,68	83	11	0,15	15,84	0,00	0,65	0,50
33	12	0,21	12,29	0,00	0,73	0,69	83	12	0,31	10,59	0,05	0,82	0,93
33	13	0,05	17,02	0,00	0,52	0,18	83	13	0,07	16,22	0,00	0,54	0,23
33	14	0,30	9,53	0,13	0,73	0,70	83	14	0,09	12,91	0,00	0,58	0,31
33	15	0,46	8,66	0,27	0,81	0,90	83	15	0,33	9,41	0,21	0,70	0,62
33	16	0,02	16,56	0,00	0,47	0,06	83	16	0,10	12,35	0,00	0,59	0,34
33	17	0,30	10,14	0,02	0,83	0,95	83	17	0,10	16,15	0,00	0,59	0,34
33	18	0,12	11,18	0,00	0,61	0,40	83	18	0,14	15,13	0,00	0,63	0,46
33	19	0,24	13,80	0,00	0,77	0,80	83	19	0,26	10,31	0,18	0,64	0,47
33	20	0,16	14,31	0,00	0,66	0,54	83	20	0,16	13,10	0,00	0,67	0,54
33	21	0,11	13,66	0,00	0,59	0,36	83	21	0,12	16,73	0,00	0,60	0,39
33	22	0,16	10,38	0,05	0,62	0,42	83	22	0,21	10,16	0,06	0,68	0,57
33	23	0,08	17,91	0,00	0,56	0,28	83	23	0,23	10,11	0,03	0,73	0,71
33	24	0,10	18,17	0,00	0,59	0,35	83	24	0,13	15,76	0,00	0,63	0,45
33	25	0,35	11,49	0,11	0,81	0,91	83	25	0,11	18,03	0,00	0,59	0,35
33	26	0,12	11,74	0,00	0,61	0,41	83	26	0,10	14,87	0,00	0,59	0,34
33	27	0,27	12,20	0,00	0,81	0,90	83	27	0,09	15,95	0,00	0,56	0,28
33	28	0,19	14,22	0,00	0,71	0,65	83	28	0,14	17,07	0,00	0,63	0,46
33	29	0,13	13,16	0,00	0,62	0,43	83	29	0,04	15,53	0,00	0,50	0,13
33	30	0,19	14,41	0,00	0,70	0,62	83	30	0,12	14,87	0,00	0,61	0,39
34	1	0,12	12,60	0,00	0,61	0,39	84	1	0,02	19,63	0,00	0,47	0,06
34	2	0,09	15,13	0,00	0,57	0,30	84	2	0,06	13,58	0,00	0,52	0,18
34	3	0,13	14,12	0,00	0,62	0,43	84	3	0,22	13,72	0,00	0,74	0,73
34	4	0,09	17,51	0,00	0,57	0,29	84	4	0,21	12,45	0,00	0,73	0,71
34	5	0,16	15,84	0,00	0,67	0,55	84	5	0,15	14,11	0,00	0,66	0,51
34	6	0,18	15,49	0,00	0,69	0,61	84	6	0,11	14,02	0,00	0,59	0,36
34	7	0,13	11,51	0,00	0,63	0,45	84	7	0,19	13,39	0,00	0,71	0,65
34	8	0,17	13,48	0,00	0,68	0,58	84	8	0,94	3,57	1,00	0,78	0,82
34	9	0,09	14,28	0,00	0,57	0,29	84	9	0,31	10,07	0,12	0,75	0,75
34	10	0,88	5,53	0,89	0,79	0,86	84	10	0,18	13,31	0,00	0,69	0,59
34	11	0,45	9,39	0,24	0,82	0,93	84	11	0,04	18,71	0,00	0,50	0,13
34	12	0,17	14,00	0,00	0,68	0,57	84	12	0,71	6,75	0,65	0,78	0,83
34	13	0,08	16,41	0,00	0,56	0,27	84	13	0,07	18,20	0,00	0,54	0,23
34	14	0,09	12,97	0,00	0,56	0,29	84	14	0,14	13,69	0,00	0,63	0,46
34	15	0,20	13,01	0,00	0,72	0,67	84	15	0,14	15,61	0,00	0,63	0,45
34	16	0,16	15,44	0,00	0,67	0,54	84	16	0,12	17,22	0,00	0,62	0,41
34	17	0,15	15,75	0,00	0,65	0,49	84	17	0,10	13,04	0,00	0,59	0,35
34	18	0,19	13,41	0,00	0,70	0,62	84	18	0,16	15,78	0,00	0,66	0,53
34	19	0,20	13,41	0,00	0,72	0,67	84	19	0,14	11,64	0,00	0,63	0,46
34	20	0,16	15,43	0,00	0,66	0,53	84	20	0,18	14,03	0,00	0,68	0,58
34	21	0,03	20,55	0,00	0,49	0,11	84	21	0,84	5,53	0,79	0,83	0,94
34	22	0,18	11,66	0,00	0,69	0,60	84	22	0,06	18,94	0,00	0,53	0,21
34	23	0,09	12,67	0,00	0,57	0,30	84	23	0,25	10,04	0,06	0,72	0,68
34	24	0,18	10,84	0,00	0,69	0,60	84	24	0,19	9,99	0,02	0,68	0,57
34	25	0,14	11,52	0,00	0,64	0,47	84	25	0,14	16,37	0,00	0,64	0,48
34	26	0,08	16,53	0,00	0,56	0,28	84	26	0,26	10,33	0,04	0,76	0,78
34	27	0,03	18,98	0,00	0,49	0,10	84	27	0,16	12,46	0,00	0,67	0,54
34	28	0,18	14,21	0,00	0,69	0,59	84	28	0,24	10,87	0,04	0,74	0,72
34	29	0,19	15,16	0,00	0,70	0,62	84	29	0,21	11,98	0,00	0,73	0,71
34	30	0,11	15,52	0,00	0,59	0,36	84	30	0,17	15,70	0,00	0,68	0,57
35	1	0,18	13,10	0,00	0,69	0,61	85	1	0,30	12,52	0,00	0,85	1,00
35	2	0,11	14,94	0,00	0,60	0,38	85	2	0,45	8,71	0,36	0,70	0,63
35	3	0,05	15,01	0,00	0,52	0,18	85	3	0,13	16,58	0,00	0,63	0,45
35	4	0,20	13,97	0,00	0,72	0,66	85	4	0,23	12,07	0,00	0,75	0,76
35	5	0,11	16,99	0,00	0,59	0,36	85	5	0,14	16,37	0,00	0,63	0,46
35	6	0,14	15,49	0,00	0,64	0,47	85	6	0,16	11,66	0,00	0,67	0,55
35	7	0,16	13,96	0,00	0,66	0,53	85	7	0,12	16,64	0,00	0,61	0,39
35	8	0,12	15,26	0,00	0,61	0,39	85	8	0,12	17,73	0,00	0,60	0,39
35	9	0,15	11,60	0,00	0,65	0,50	85	9	0,42	8,83	0,25	0,77	0,81
35	10	0,06	15,64	0,00	0,52	0,18	85	10	0,12	18,09	0,00	0,61	0,40
35	11	0,11	14,80	0,00	0,59	0,35	85	11	0,11	16,96	0,00	0,59	0,36
35	12	0,08	16,81	0,00	0,56	0,27	85	12	0,08	15,92	0,00	0,56	0,27
35	13	0,14	14,63	0,00	0,63	0,46	85	13	0,13	12,65	0,00	0,63	0,44
35	14	0,24	12,73	0,00	0,77	0,81	85	14	0,31	10,26	0,14	0,73	0,70
35	15	0,25	10,00	0,08	0,71	0,64	85	15	0,07	16,02	0,00	0,54	0,23
35	16	0,15	15,97	0,00	0,65	0,49	85	16	0,81	5,43	0,85	0,73	0,70
35	17	0,19	12,89	0,00	0,70	0,63	85	17	0,19	13,85	0,00	0,70	0,62
35	18	0,17	12,28	0,00	0,68	0,57	85	18	0,16	13,08	0,00	0,66	0,52
35	19	0,26	9,99	0,07	0,74	0,72	85	19	0,23	12,49	0,00	0,75	0,76
35	20	0,06	15,06	0,00	0,53	0,19	85	20	0,10	18,52	0,00	0,58	0,32
35	21	0,04	16,03	0,00	0,50	0,13	85	21	0,89	4,91	0,94	0,76	0,78
35	22	0,15	16,10	0,00	0,65	0,49	85	22	0,27	9,78	0,05	0,76	0,78
35	23	0,14	14,82	0,00	0,63	0,46	85	23	0,15	16,28	0,00	0,65	0,50
35	24	0,13	12,26	0,00	0,62	0,44	85	24	0,16	13,75	0,00	0,66	0,53
35	25	0,08	15,27	0,00	0,56	0,28	85	25	0,11	16,35	0,00	0,60	0,38
35	26	0,15	10,86	0,03	0,62	0,43	85	26	0,10	14,60	0,00	0,59	0,34
35	27	0,23	13,68	0,00	0,75	0,76	85	27	0,15	10,70	0,02	0,62	0,44
35	28	0,25	11,46	0,03	0,76	0,78	85	28	0,18	12,27	0,00	0,69	0,60

35	29	0,20	11,95	0,00	0,72	0,68	85	29	0,39	9,17	0,20	0,79	0,86
35	30	0,51	7,79	0,44	0,71	0,66	85	30	0,05	20,01	0,00	0,52	0,17
36	1	0,11	14,22	0,00	0,59	0,35	86	1	0,25	12,06	0,00	0,79	0,84
36	2	0,03	20,13	0,00	0,49	0,10	86	2	0,09	15,79	0,00	0,57	0,30
36	3	0,20	10,30	0,07	0,65	0,51	86	3	0,24	10,12	0,14	0,65	0,49
36	4	0,18	15,26	0,00	0,69	0,61	86	4	0,29	12,38	0,00	0,84	0,97
36	5	0,21	10,79	0,03	0,70	0,63	86	5	0,14	12,08	0,00	0,64	0,48
36	6	0,18	16,56	0,00	0,68	0,59	86	6	0,22	13,94	0,00	0,75	0,74
36	7	0,14	16,47	0,00	0,63	0,46	86	7	0,17	13,53	0,00	0,68	0,58
36	8	0,06	15,18	0,00	0,53	0,21	86	8	0,24	10,35	0,02	0,75	0,74
36	9	0,15	15,89	0,00	0,65	0,51	86	9	0,12	11,83	0,00	0,62	0,41
36	10	0,18	17,01	0,00	0,69	0,60	86	10	0,35	9,72	0,13	0,79	0,85
36	11	0,38	9,19	0,16	0,81	0,89	86	11	0,12	15,20	0,00	0,61	0,40
36	12	0,30	10,50	0,10	0,76	0,78	86	12	0,16	12,94	0,00	0,66	0,53
36	13	0,19	16,61	0,00	0,70	0,62	86	13	0,10	17,49	0,00	0,58	0,33
36	14	0,20	16,81	0,00	0,71	0,66	86	14	0,44	8,17	0,37	0,70	0,63
36	15	0,16	15,64	0,00	0,67	0,54	86	15	0,11	12,40	0,00	0,60	0,37
36	16	0,35	9,32	0,22	0,71	0,66	86	16	0,14	15,44	0,00	0,63	0,46
36	17	0,22	12,17	0,00	0,74	0,72	86	17	0,10	11,10	0,01	0,58	0,32
36	18	0,13	14,31	0,00	0,63	0,45	86	18	0,12	16,48	0,00	0,62	0,41
36	19	0,37	8,98	0,21	0,75	0,76	86	19	0,93	5,40	0,90	0,85	1,00
36	20	0,11	16,61	0,00	0,59	0,36	86	20	0,09	13,34	0,00	0,57	0,30
36	21	0,41	8,62	0,28	0,73	0,71	86	21	0,09	12,33	0,00	0,58	0,31
36	22	0,21	12,31	0,00	0,74	0,71	86	22	0,13	15,66	0,00	0,63	0,44
36	23	0,17	13,61	0,00	0,67	0,55	86	23	0,10	13,00	0,00	0,59	0,34
36	24	0,17	10,51	0,00	0,67	0,55	86	24	0,34	9,11	0,18	0,74	0,73
36	25	0,14	12,24	0,00	0,63	0,45	86	25	0,31	9,32	0,17	0,70	0,63
36	26	0,08	14,40	0,00	0,56	0,28	86	26	0,09	13,91	0,00	0,58	0,32
36	27	0,16	14,94	0,00	0,66	0,53	86	27	0,05	18,54	0,00	0,52	0,18
36	28	0,16	15,23	0,00	0,66	0,53	86	28	0,21	12,94	0,00	0,73	0,70
36	29	0,08	12,92	0,00	0,55	0,26	86	29	0,09	18,82	0,00	0,57	0,31
36	30	0,51	7,95	0,41	0,75	0,75	86	30	0,13	13,16	0,00	0,62	0,43
37	1	0,12	16,81	0,00	0,61	0,40	87	1	0,13	16,17	0,00	0,62	0,43
37	2	0,25	12,30	0,00	0,78	0,83	87	2	0,12	13,55	0,00	0,61	0,41
37	3	0,31	8,88	0,22	0,66	0,52	87	3	0,11	16,69	0,00	0,59	0,36
37	4	0,09	14,58	0,00	0,58	0,31	87	4	0,18	14,57	0,00	0,69	0,59
37	5	0,14	15,94	0,00	0,64	0,47	87	5	0,14	13,04	0,00	0,64	0,47
37	6	0,02	16,50	0,00	0,48	0,07	87	6	0,15	15,57	0,00	0,65	0,49
37	7	0,13	16,92	0,00	0,63	0,44	87	7	0,24	10,24	0,05	0,72	0,67
37	8	0,15	11,43	0,00	0,66	0,52	87	8	0,21	10,99	0,00	0,73	0,70
37	9	0,15	14,99	0,00	0,65	0,50	87	9	0,16	16,09	0,00	0,66	0,53
37	10	0,12	15,94	0,00	0,61	0,39	87	10	0,12	12,72	0,00	0,61	0,40
37	11	0,07	12,40	0,02	0,52	0,18	87	11	0,22	10,20	0,08	0,66	0,53
37	12	0,21	11,06	0,00	0,73	0,69	87	12	0,07	16,46	0,00	0,54	0,24
37	13	0,16	13,87	0,00	0,66	0,52	87	13	0,17	10,84	0,05	0,64	0,47
37	14	0,07	14,95	0,00	0,54	0,22	87	14	0,18	12,90	0,00	0,69	0,59
37	15	0,14	16,45	0,00	0,64	0,47	87	15	0,07	12,09	0,00	0,55	0,24
37	16	0,29	10,07	0,04	0,80	0,87	87	16	0,20	11,04	0,00	0,71	0,66
37	17	0,15	14,32	0,00	0,65	0,49	87	17	0,07	15,22	0,00	0,55	0,24
37	18	0,12	10,76	0,00	0,61	0,40	87	18	0,16	16,02	0,00	0,66	0,53
37	19	0,08	12,34	0,00	0,56	0,28	87	19	0,22	10,67	0,00	0,74	0,72
37	20	0,12	15,18	0,00	0,61	0,39	87	20	0,17	12,49	0,00	0,67	0,56
37	21	0,20	11,26	0,04	0,69	0,60	87	21	0,20	14,68	0,00	0,72	0,66
37	22	0,15	13,13	0,00	0,66	0,52	87	22	0,16	17,13	0,00	0,66	0,52
37	23	0,12	13,47	0,00	0,61	0,40	87	23	0,86	5,25	0,91	0,75	0,75
37	24	0,23	13,76	0,00	0,76	0,77	87	24	0,25	14,94	0,00	0,78	0,84
37	25	0,15	13,32	0,00	0,65	0,51	87	25	0,27	9,59	0,18	0,64	0,48
37	26	0,18	15,59	0,00	0,68	0,59	87	26	0,12	14,30	0,00	0,61	0,41
37	27	0,27	11,05	0,12	0,70	0,63	87	27	0,16	12,19	0,00	0,66	0,53
37	28	0,11	15,31	0,00	0,59	0,36	87	28	0,19	14,35	0,00	0,70	0,62
37	29	0,29	11,71	0,04	0,80	0,88	87	29	0,12	13,19	0,00	0,61	0,41
37	30	0,35	9,06	0,31	0,63	0,46	87	30	0,25	13,75	0,00	0,79	0,84
38	1	0,36	8,99	0,26	0,68	0,57	88	1	0,07	13,96	0,00	0,54	0,22
38	2	0,10	12,67	0,00	0,58	0,32	88	2	0,10	16,84	0,00	0,58	0,32
38	3	0,15	12,24	0,00	0,65	0,51	88	3	0,81	5,43	0,85	0,73	0,70
38	4	0,12	14,21	0,00	0,61	0,41	88	4	0,11	13,71	0,00	0,60	0,37
38	5	0,14	12,75	0,00	0,63	0,46	88	5	0,32	9,72	0,13	0,76	0,77
38	6	0,16	13,30	0,00	0,66	0,53	88	6	0,09	16,88	0,00	0,57	0,30
38	7	0,35	9,76	0,18	0,75	0,74	88	7	0,28	14,09	0,00	0,82	0,93
38	8	0,27	9,58	0,11	0,71	0,65	88	8	0,12	18,46	0,00	0,62	0,42
38	9	0,10	12,19	0,00	0,58	0,34	88	9	0,15	11,13	0,00	0,65	0,50
38	10	0,17	15,87	0,00	0,67	0,55	88	10	0,20	15,00	0,00	0,72	0,67
38	11	0,15	13,26	0,00	0,65	0,49	88	11	0,12	15,57	0,00	0,61	0,40
38	12	0,04	14,47	0,00	0,50	0,12	88	12	0,31	9,31	0,15	0,73	0,70
38	13	0,16	15,56	0,00	0,67	0,55	88	13	0,20	11,46	0,02	0,70	0,62
38	14	0,12	16,13	0,00	0,61	0,40	88	14	0,15	11,91	0,00	0,65	0,51
38	15	0,21	10,32	0,05	0,69	0,61	88	15	0,23	14,36	0,00	0,76	0,78
38	16	0,19	13,20	0,00	0,70	0,62	88	16	0,47	8,44	0,31	0,78	0,83
38	17	0,19	13,83	0,00	0,71	0,64	88	17	0,12	16,35	0,00	0,60	0,39
38	18	0,76	6,18	0,76	0,75	0,75	88	18	0,15	12,00	0,00	0,65	0,49
38	19	0,15	14,95	0,00	0,65	0,51	88	19	0,22	12,50	0,00	0,74	0,73



38	20	0,24	16,51	0,00	0,77	0,80	88	20	0,11	15,71	0,00	0,60	0,36
38	21	0,12	16,28	0,00	0,62	0,41	88	21	0,41	10,06	0,24	0,77	0,80
38	22	0,10	15,14	0,00	0,59	0,34	88	22	0,35	9,70	0,11	0,82	0,93
38	23	0,23	15,14	0,00	0,76	0,77	88	23	0,14	12,21	0,00	0,63	0,45
38	24	0,05	19,03	0,00	0,52	0,17	88	24	0,17	12,57	0,00	0,68	0,57
38	25	0,23	11,29	0,00	0,76	0,78	88	25	0,07	13,10	0,00	0,54	0,23
38	26	0,16	14,15	0,00	0,66	0,53	88	26	0,12	15,18	0,00	0,62	0,41
38	27	0,04	14,79	0,00	0,51	0,15	88	27	0,15	12,39	0,00	0,64	0,49
38	28	0,14	15,83	0,00	0,64	0,47	88	28	0,15	11,03	0,02	0,63	0,44
38	29	0,14	16,36	0,00	0,64	0,46	88	29	0,12	12,85	0,00	0,61	0,40
38	30	0,13	14,57	0,00	0,62	0,44	88	30	0,17	13,49	0,00	0,68	0,57
39	1	0,14	16,14	0,00	0,64	0,48	89	1	0,10	16,74	0,00	0,59	0,34
39	2	0,03	19,47	0,00	0,49	0,11	89	2	0,30	9,53	0,13	0,73	0,70
39	3	0,25	11,45	0,00	0,78	0,84	89	3	0,09	13,13	0,00	0,58	0,32
39	4	0,14	12,72	0,00	0,64	0,46	89	4	0,10	17,13	0,00	0,59	0,34
39	5	0,12	15,57	0,00	0,61	0,40	89	5	0,21	13,91	0,00	0,73	0,69
39	6	0,13	15,52	0,00	0,62	0,43	89	6	0,19	14,70	0,00	0,71	0,64
39	7	0,25	11,88	0,00	0,78	0,82	89	7	0,13	16,44	0,00	0,62	0,43
39	8	0,08	15,90	0,00	0,56	0,27	89	8	0,13	15,01	0,00	0,62	0,42
39	9	0,14	13,45	0,00	0,64	0,48	89	9	0,21	14,56	0,00	0,73	0,70
39	10	0,49	8,55	0,29	0,83	0,94	89	10	0,13	13,62	0,00	0,62	0,42
39	11	0,18	13,22	0,00	0,69	0,60	89	11	0,39	8,79	0,30	0,69	0,59
39	12	0,05	20,24	0,00	0,52	0,17	89	12	0,16	12,21	0,00	0,66	0,54
39	13	0,18	13,79	0,00	0,68	0,59	89	13	0,14	13,84	0,00	0,64	0,47
39	14	0,21	10,16	0,06	0,68	0,57	89	14	0,14	13,28	0,00	0,64	0,47
39	15	0,14	15,91	0,00	0,64	0,47	89	15	0,44	8,17	0,37	0,70	0,63
39	16	0,18	16,41	0,00	0,69	0,61	89	16	0,10	16,75	0,00	0,58	0,32
39	17	0,09	17,84	0,00	0,57	0,30	89	17	0,12	15,75	0,00	0,61	0,39
39	18	0,32	9,80	0,13	0,76	0,76	89	18	0,27	11,86	0,00	0,81	0,90
39	19	0,19	13,14	0,00	0,71	0,65	89	19	0,04	18,06	0,00	0,50	0,13
39	20	0,12	13,53	0,00	0,61	0,40	89	20	0,20	12,78	0,00	0,72	0,68
39	21	0,13	13,16	0,00	0,62	0,43	89	21	0,15	13,03	0,00	0,65	0,49
39	22	0,33	9,83	0,19	0,72	0,68	89	22	0,34	9,85	0,10	0,80	0,88
39	23	0,17	11,61	0,00	0,67	0,56	89	23	0,11	11,80	0,00	0,60	0,37
39	24	0,86	5,25	0,91	0,75	0,75	89	24	0,20	10,47	0,04	0,68	0,57
39	25	0,18	11,36	0,00	0,68	0,58	89	25	0,16	15,58	0,00	0,66	0,53
39	26	0,08	15,50	0,00	0,56	0,26	89	26	0,16	13,05	0,00	0,67	0,55
39	27	0,20	12,29	0,00	0,72	0,68	89	27	0,24	14,65	0,00	0,77	0,80
39	28	0,20	10,23	0,03	0,68	0,58	89	28	0,14	12,32	0,00	0,64	0,48
39	29	0,21	13,23	0,00	0,73	0,69	89	29	0,17	17,12	0,00	0,67	0,55
39	30	0,11	15,64	0,00	0,60	0,36	89	30	0,06	16,08	0,00	0,53	0,21
40	1	0,15	13,40	0,00	0,66	0,52	90	1	0,10	12,09	0,00	0,59	0,34
40	2	0,09	15,67	0,00	0,57	0,31	90	2	0,06	15,58	0,00	0,53	0,21
40	3	0,13	16,68	0,00	0,63	0,44	90	3	0,09	16,13	0,00	0,56	0,28
40	4	0,23	11,04	0,04	0,72	0,67	90	4	0,22	13,75	0,00	0,74	0,72
40	5	0,07	17,35	0,00	0,55	0,24	90	5	0,22	11,61	0,00	0,74	0,72
40	6	0,10	15,05	0,00	0,58	0,33	90	6	0,08	18,98	0,00	0,56	0,28
40	7	0,12	14,99	0,00	0,60	0,39	90	7	0,16	14,47	0,00	0,66	0,52
40	8	0,12	15,63	0,00	0,61	0,41	90	8	0,14	12,54	0,00	0,64	0,47
40	9	0,11	17,49	0,00	0,59	0,36	90	9	0,07	18,51	0,00	0,54	0,22
40	10	0,17	14,67	0,00	0,68	0,57	90	10	0,08	18,67	0,00	0,55	0,26
40	11	0,06	14,88	0,00	0,53	0,19	90	11	0,14	12,41	0,00	0,64	0,46
40	12	0,12	14,91	0,00	0,61	0,40	90	12	0,20	12,92	0,00	0,71	0,65
40	13	0,21	14,28	0,00	0,73	0,70	90	13	0,05	19,45	0,00	0,52	0,18
40	14	0,13	14,21	0,00	0,63	0,44	90	14	0,05	19,02	0,00	0,52	0,16
40	15	0,06	15,47	0,00	0,52	0,19	90	15	0,22	11,97	0,00	0,75	0,74
40	16	0,15	16,17	0,00	0,65	0,50	90	16	0,14	12,49	0,00	0,64	0,48
40	17	0,09	16,37	0,00	0,58	0,31	90	17	0,73	6,70	0,66	0,81	0,89
40	18	0,16	15,95	0,00	0,66	0,53	90	18	0,17	13,03	0,00	0,68	0,57
40	19	0,19	12,93	0,00	0,71	0,64	90	19	0,10	16,61	0,00	0,58	0,33
40	20	0,18	10,31	0,04	0,66	0,53	90	20	0,28	17,19	0,00	0,82	0,92
40	21	0,06	15,88	0,00	0,53	0,19	90	21	0,05	20,24	0,00	0,52	0,17
40	22	0,27	10,25	0,10	0,71	0,66	90	22	0,10	17,10	0,00	0,58	0,32
40	23	0,05	16,34	0,00	0,52	0,17	90	23	0,51	7,81	0,44	0,72	0,67
40	24	0,11	13,23	0,00	0,60	0,37	90	24	0,18	14,53	0,00	0,69	0,59
40	25	0,12	13,96	0,00	0,61	0,40	90	25	0,00	23,47	0,00	0,40	0,00
40	26	0,22	14,17	0,00	0,74	0,72	90	26	0,24	14,97	0,00	0,77	0,81
40	27	0,04	19,91	0,00	0,50	0,13	90	27	0,20	11,18	0,02	0,69	0,60
40	28	0,22	10,61	0,07	0,69	0,59	90	28	0,25	10,86	0,04	0,74	0,74
40	29	0,11	15,97	0,00	0,60	0,36	90	29	0,17	13,35	0,00	0,68	0,56
40	30	0,00	18,33	0,00	0,45	0,00	90	30	0,16	14,98	0,00	0,66	0,53
41	1	0,24	10,63	0,03	0,74	0,72	91	1	0,21	10,66	0,00	0,73	0,69
41	2	0,07	16,02	0,00	0,55	0,24	91	2	0,15	16,04	0,00	0,65	0,49
41	3	0,06	15,47	0,00	0,52	0,19	91	3	0,35	9,38	0,12	0,81	0,89
41	4	0,40	8,68	0,26	0,73	0,70	91	4	0,23	14,81	0,00	0,76	0,78
41	5	0,28	11,35	0,00	0,83	0,94	91	5	0,18	15,76	0,00	0,69	0,60
41	6	0,16	15,77	0,00	0,66	0,54	91	6	0,14	13,01	0,00	0,63	0,46
41	7	0,39	9,65	0,16	0,82	0,92	91	7	0,17	13,79	0,00	0,68	0,58
41	8	0,09	17,45	0,00	0,57	0,30	91	8	0,22	13,07	0,00	0,74	0,73
41	9	0,19	10,76	0,00	0,70	0,64	91	9	0,07	18,90	0,00	0,54	0,22
41	10	0,09	16,60	0,00	0,57	0,29	91	10	0,21	11,05	0,01	0,72	0,66

41	11	0,06	15,92	0,00	0,53	0,20	91	11	0,17	13,30	0,00	0,68	0,57
41	12	0,05	12,96	0,00	0,51	0,15	91	12	0,12	15,75	0,00	0,61	0,39
41	13	0,14	12,39	0,00	0,63	0,45	91	13	0,18	13,90	0,00	0,69	0,59
41	14	0,10	15,73	0,00	0,58	0,32	91	14	0,16	15,24	0,00	0,66	0,53
41	15	0,22	10,71	0,00	0,74	0,72	91	15	0,15	13,19	0,00	0,66	0,52
41	16	0,10	18,29	0,00	0,58	0,33	91	16	0,12	14,28	0,00	0,61	0,41
41	17	0,12	13,41	0,00	0,61	0,40	91	17	0,20	11,75	0,00	0,72	0,66
41	18	0,25	14,03	0,00	0,78	0,82	91	18	0,16	12,51	0,00	0,66	0,53
41	19	0,20	13,54	0,00	0,72	0,67	91	19	0,16	13,74	0,00	0,66	0,53
41	20	0,21	12,94	0,00	0,73	0,70	91	20	0,16	12,60	0,00	0,66	0,52
41	21	0,10	13,56	0,00	0,59	0,35	91	21	0,38	9,24	0,19	0,78	0,83
41	22	0,34	10,32	0,18	0,73	0,71	91	22	0,18	12,79	0,00	0,68	0,58
41	23	0,16	12,80	0,00	0,66	0,52	91	23	0,32	10,47	0,11	0,77	0,81
41	24	0,16	13,30	0,00	0,66	0,53	91	24	0,03	19,63	0,00	0,49	0,10
41	25	0,08	16,40	0,00	0,56	0,28	91	25	0,13	13,18	0,00	0,62	0,43
41	26	0,08	16,13	0,00	0,55	0,26	91	26	0,20	14,67	0,00	0,72	0,67
41	27	0,12	15,89	0,00	0,60	0,39	91	27	0,22	13,80	0,00	0,74	0,72
41	28	0,18	14,14	0,00	0,69	0,59	91	28	0,19	16,88	0,00	0,70	0,63
41	29	0,22	12,12	0,00	0,74	0,72	91	29	0,10	15,34	0,00	0,58	0,33
41	30	0,12	14,61	0,00	0,61	0,39	91	30	0,11	13,19	0,00	0,59	0,36
42	1	0,12	12,97	0,00	0,62	0,41	92	1	0,13	16,26	0,00	0,63	0,44
42	2	0,21	12,23	0,00	0,73	0,71	92	2	0,18	11,48	0,08	0,62	0,43
42	3	0,14	12,27	0,01	0,63	0,44	92	3	0,48	8,35	0,33	0,78	0,83
42	4	0,20	13,25	0,00	0,71	0,65	92	4	0,11	15,67	0,00	0,60	0,38
42	5	0,27	9,96	0,11	0,70	0,63	92	5	0,12	12,58	0,00	0,61	0,41
42	6	0,11	13,59	0,00	0,59	0,35	92	6	0,13	16,39	0,00	0,63	0,44
42	7	0,21	10,60	0,07	0,67	0,55	92	7	0,17	11,74	0,00	0,68	0,58
42	8	0,15	11,85	0,00	0,65	0,50	92	8	0,10	15,24	0,00	0,58	0,33
42	9	0,35	9,79	0,07	0,87	1,00	92	9	0,11	15,82	0,00	0,60	0,37
42	10	0,29	10,85	0,01	0,83	0,95	92	10	0,85	5,61	0,80	0,84	0,96
42	11	0,11	12,87	0,00	0,59	0,36	92	11	0,23	10,81	0,00	0,76	0,78
42	12	0,20	11,16	0,02	0,69	0,60	92	12	0,15	14,15	0,00	0,65	0,50
42	13	0,10	16,74	0,00	0,59	0,34	92	13	0,00	22,56	0,00	0,42	0,00
42	14	0,10	13,58	0,00	0,58	0,33	92	14	0,11	13,50	0,00	0,59	0,36
42	15	0,12	14,57	0,00	0,61	0,40	92	15	0,20	12,59	0,00	0,72	0,67
42	16	0,31	9,75	0,10	0,77	0,81	92	16	0,04	15,99	0,00	0,50	0,13
42	17	0,15	12,17	0,03	0,63	0,45	92	17	0,11	14,88	0,00	0,59	0,36
42	18	0,91	5,20	0,94	0,78	0,83	92	18	0,19	16,76	0,00	0,70	0,62
42	19	0,26	11,42	0,04	0,75	0,75	92	19	0,13	16,43	0,00	0,62	0,43
42	20	0,19	18,92	0,00	0,71	0,64	92	20	0,16	13,84	0,00	0,66	0,52
42	21	0,79	5,90	0,82	0,74	0,73	92	21	0,07	15,75	0,00	0,54	0,23
42	22	0,17	11,52	0,00	0,68	0,57	92	22	0,52	7,69	0,45	0,73	0,70
42	23	0,07	15,29	0,00	0,55	0,24	92	23	0,07	17,85	0,00	0,54	0,23
42	24	0,24	10,35	0,03	0,74	0,71	92	24	0,17	11,79	0,00	0,68	0,58
42	25	0,11	13,95	0,00	0,59	0,36	92	25	0,06	18,75	0,00	0,54	0,22
42	26	0,13	16,78	0,00	0,63	0,45	92	26	0,10	15,53	0,00	0,58	0,33
42	27	0,19	11,01	0,00	0,70	0,64	92	27	0,12	14,42	0,00	0,61	0,40
42	28	0,19	17,10	0,00	0,70	0,62	92	28	0,07	12,92	0,00	0,55	0,24
42	29	0,24	11,85	0,00	0,77	0,80	92	29	0,42	9,70	0,17	0,91	1,00
42	30	0,15	15,78	0,00	0,65	0,50	92	30	0,25	9,91	0,13	0,66	0,52
43	1	0,12	12,96	0,00	0,62	0,42	93	1	0,21	10,33	0,03	0,70	0,63
43	2	0,12	16,63	0,00	0,60	0,38	93	2	0,17	16,11	0,00	0,67	0,55
43	3	0,20	13,22	0,00	0,71	0,66	93	3	0,13	15,39	0,00	0,62	0,43
43	4	0,21	12,25	0,00	0,73	0,69	93	4	0,22	12,85	0,00	0,74	0,73
43	5	0,10	12,14	0,00	0,59	0,35	93	5	0,18	12,73	0,00	0,69	0,61
43	6	0,39	9,14	0,17	0,81	0,91	93	6	0,16	15,69	0,00	0,67	0,55
43	7	0,24	14,05	0,00	0,78	0,82	93	7	0,18	16,83	0,00	0,69	0,59
43	8	0,08	17,04	0,00	0,56	0,27	93	8	0,13	15,75	0,00	0,63	0,44
43	9	0,15	12,55	0,00	0,65	0,50	93	9	0,14	16,52	0,00	0,64	0,48
43	10	0,20	13,04	0,00	0,72	0,67	93	10	0,30	9,63	0,18	0,68	0,57
43	11	0,13	14,56	0,00	0,62	0,43	93	11	0,19	15,48	0,00	0,70	0,63
43	12	0,20	10,48	0,05	0,66	0,53	93	12	0,23	14,29	0,00	0,76	0,78
43	13	0,13	12,65	0,00	0,63	0,44	93	13	0,17	11,47	0,03	0,65	0,50
43	14	0,14	16,77	0,00	0,63	0,45	93	14	0,13	13,91	0,00	0,63	0,44
43	15	0,13	15,38	0,00	0,62	0,42	93	15	0,14	12,90	0,00	0,63	0,45
43	16	0,15	13,89	0,00	0,65	0,49	93	16	0,07	15,66	0,00	0,54	0,22
43	17	0,45	8,82	0,24	0,83	0,95	93	17	0,13	13,78	0,01	0,61	0,41
43	18	0,14	15,29	0,00	0,63	0,45	93	18	0,21	16,05	0,00	0,73	0,69
43	19	0,18	12,78	0,00	0,69	0,59	93	19	0,25	10,65	0,00	0,78	0,83
43	20	0,17	15,89	0,00	0,67	0,56	93	20	0,11	17,46	0,00	0,60	0,38
43	21	0,05	19,08	0,00	0,52	0,17	93	21	0,86	5,25	0,91	0,75	0,75
43	22	0,05	19,82	0,00	0,52	0,16	93	22	0,24	12,38	0,00	0,77	0,81
43	23	0,14	13,58	0,00	0,64	0,47	93	23	0,19	11,26	0,01	0,70	0,61
43	24	0,13	16,79	0,00	0,63	0,44	93	24	0,15	13,83	0,00	0,66	0,51
43	25	0,07	15,26	0,00	0,54	0,23	93	25	0,07	12,40	0,02	0,52	0,18
43	26	0,21	11,01	0,01	0,72	0,67	93	26	0,11	17,37	0,00	0,59	0,36
43	27	0,18	11,36	0,00	0,68	0,58	93	27	0,32	9,08	0,18	0,71	0,65
43	28	0,21	13,38	0,00	0,72	0,69	93	28	0,17	14,48	0,00	0,68	0,57
43	29	0,12	15,29	0,00	0,61	0,39	93	29	0,62	7,43	0,51	0,80	0,87
43	30	0,22	12,30	0,00	0,75	0,74	93	30	0,29	11,90	0,00	0,84	0,97
44	1	0,17	12,89	0,00	0,68	0,57	94	1	0,08	12,91	0,00	0,56	0,28

44	2	0,02	18,19	0,00	0,48	0,07	94	2	0,17	12,19	0,01	0,67	0,54
44	3	0,18	12,85	0,00	0,69	0,61	94	3	0,15	11,26	0,01	0,64	0,48
44	4	0,21	14,21	0,00	0,73	0,69	94	4	0,34	10,99	0,06	0,86	1,00
44	5	0,17	14,70	0,00	0,67	0,55	94	5	0,36	9,34	0,13	0,80	0,88
44	6	0,17	15,27	0,00	0,68	0,57	94	6	0,11	14,76	0,00	0,59	0,36
44	7	0,68	6,93	0,61	0,78	0,84	94	7	0,21	14,57	0,00	0,73	0,69
44	8	0,11	13,20	0,00	0,60	0,36	94	8	0,22	13,62	0,00	0,74	0,73
44	9	0,10	12,92	0,00	0,59	0,34	94	9	0,30	11,29	0,01	0,84	0,97
44	10	0,17	12,24	0,00	0,68	0,58	94	10	0,10	13,00	0,00	0,58	0,33
44	11	0,22	10,30	0,09	0,65	0,51	94	11	0,03	15,87	0,00	0,49	0,09
44	12	0,13	12,52	0,00	0,62	0,43	94	12	0,22	11,48	0,00	0,75	0,75
44	13	0,28	9,68	0,15	0,68	0,58	94	13	0,12	14,16	0,00	0,61	0,41
44	14	0,91	5,20	0,94	0,78	0,83	94	14	0,27	9,36	0,14	0,67	0,55
44	15	0,12	11,74	0,00	0,61	0,41	94	15	0,16	12,58	0,00	0,67	0,54
44	16	0,27	12,94	0,00	0,81	0,89	94	16	0,17	16,09	0,00	0,67	0,56
44	17	0,06	18,47	0,00	0,53	0,21	94	17	0,05	14,71	0,00	0,52	0,16
44	18	0,21	13,98	0,00	0,73	0,71	94	18	0,13	16,20	0,00	0,63	0,44
44	19	0,14	16,75	0,00	0,64	0,47	94	19	0,23	14,29	0,00	0,76	0,78
44	20	0,10	17,62	0,00	0,59	0,34	94	20	0,07	14,46	0,00	0,55	0,24
44	21	0,07	14,31	0,00	0,55	0,24	94	21	0,20	12,65	0,02	0,69	0,61
44	22	0,12	15,10	0,00	0,61	0,40	94	22	0,24	11,68	0,00	0,77	0,81
44	23	0,05	18,57	0,00	0,52	0,18	94	23	0,09	13,93	0,00	0,57	0,30
44	24	0,05	16,91	0,00	0,51	0,15	94	24	0,18	16,29	0,00	0,69	0,59
44	25	0,19	16,86	0,00	0,70	0,62	94	25	0,13	12,95	0,00	0,62	0,43
44	26	0,19	12,34	0,00	0,70	0,63	94	26	0,05	16,81	0,00	0,52	0,18
44	27	0,10	14,32	0,00	0,59	0,34	94	27	0,12	15,32	0,00	0,61	0,41
44	28	0,29	9,13	0,17	0,67	0,55	94	28	0,08	13,87	0,00	0,56	0,27
44	29	0,74	6,83	0,63	0,87	1,00	94	29	0,10	15,28	0,00	0,58	0,32
44	30	0,22	13,19	0,00	0,75	0,75	94	30	0,15	14,90	0,00	0,65	0,50
45	1	0,20	12,15	0,00	0,71	0,65	95	1	0,10	11,67	0,00	0,58	0,33
45	2	0,07	16,39	0,00	0,54	0,22	95	2	0,37	9,83	0,20	0,76	0,77
45	3	0,10	15,45	0,00	0,58	0,33	95	3	0,23	10,15	0,12	0,65	0,49
45	4	0,17	16,99	0,00	0,68	0,57	95	4	0,61	7,77	0,45	0,84	0,98
45	5	0,27	10,85	0,01	0,80	0,86	95	5	0,14	16,36	0,00	0,64	0,48
45	6	0,09	15,67	0,00	0,57	0,30	95	6	0,18	12,98	0,00	0,69	0,60
45	7	0,30	9,22	0,16	0,70	0,62	95	7	0,29	10,69	0,02	0,83	0,94
45	8	0,34	11,67	0,05	0,88	1,00	95	8	0,15	15,57	0,00	0,65	0,49
45	9	0,09	13,01	0,00	0,57	0,31	95	9	0,18	11,11	0,03	0,66	0,53
45	10	0,15	11,86	0,00	0,65	0,49	95	10	0,26	14,03	0,00	0,79	0,85
45	11	0,14	16,15	0,00	0,64	0,48	95	11	0,28	11,32	0,00	0,82	0,93
45	12	0,17	11,51	0,00	0,67	0,55	95	12	0,18	12,40	0,00	0,69	0,61
45	13	0,20	14,68	0,00	0,71	0,65	95	13	0,15	11,73	0,00	0,65	0,49
45	14	0,00	18,54	0,00	0,44	0,00	95	14	0,09	14,73	0,00	0,57	0,29
45	15	0,11	13,72	0,00	0,60	0,36	95	15	0,24	10,12	0,14	0,65	0,49
45	16	0,22	12,94	0,00	0,75	0,74	95	16	0,03	16,14	0,00	0,49	0,10
45	17	0,15	14,28	0,00	0,65	0,49	95	17	0,15	13,95	0,00	0,66	0,51
45	18	0,12	16,07	0,00	0,62	0,42	95	18	0,16	11,08	0,04	0,62	0,44
45	19	0,19	12,37	0,00	0,71	0,65	95	19	0,07	13,08	0,00	0,55	0,24
45	20	0,19	11,84	0,00	0,70	0,62	95	20	0,20	13,74	0,01	0,71	0,64
45	21	0,09	18,00	0,00	0,57	0,30	95	21	0,12	14,01	0,00	0,61	0,40
45	22	0,16	16,54	0,00	0,67	0,54	95	22	0,22	10,58	0,03	0,72	0,66
45	23	0,17	14,14	0,00	0,68	0,57	95	23	0,12	14,89	0,00	0,61	0,39
45	24	0,17	16,40	0,00	0,67	0,55	95	24	0,21	13,25	0,00	0,72	0,69
45	25	0,15	16,08	0,00	0,65	0,49	95	25	0,20	10,51	0,03	0,70	0,62
45	26	0,15	16,80	0,00	0,64	0,49	95	26	0,13	11,79	0,00	0,62	0,43
45	27	0,17	10,51	0,00	0,67	0,55	95	27	0,03	15,64	0,00	0,49	0,11
45	28	0,13	16,61	0,00	0,62	0,43	95	28	0,23	11,75	0,00	0,76	0,78
45	29	0,28	11,74	0,00	0,82	0,93	95	29	0,15	13,49	0,00	0,65	0,50
45	30	0,85	5,22	0,85	0,80	0,87	95	30	0,11	13,95	0,00	0,59	0,36
46	1	0,15	13,26	0,00	0,65	0,49	96	1	0,09	15,18	0,00	0,58	0,32
46	2	0,50	8,19	0,36	0,78	0,81	96	2	0,14	16,35	0,00	0,63	0,46
46	3	0,29	12,14	0,04	0,80	0,87	96	3	0,10	17,31	0,00	0,59	0,34
46	4	0,12	13,44	0,00	0,61	0,40	96	4	0,22	13,57	0,00	0,75	0,74
46	5	0,10	18,56	0,00	0,58	0,32	96	5	0,23	10,36	0,05	0,71	0,65
46	6	0,06	14,80	0,00	0,53	0,20	96	6	0,58	7,24	0,55	0,70	0,64
46	7	0,73	6,67	0,67	0,81	0,89	96	7	0,13	15,34	0,00	0,62	0,44
46	8	0,06	18,18	0,00	0,52	0,19	96	8	0,22	13,54	0,00	0,74	0,73
46	9	0,35	8,82	0,24	0,70	0,63	96	9	0,15	13,16	0,00	0,65	0,51
46	10	0,14	14,23	0,00	0,64	0,47	96	10	0,14	12,45	0,00	0,64	0,48
46	11	0,36	9,77	0,12	0,83	0,94	96	11	0,32	9,45	0,16	0,74	0,71
46	12	0,16	12,38	0,00	0,66	0,53	96	12	0,12	14,63	0,00	0,61	0,39
46	13	0,26	12,75	0,00	0,80	0,87	96	13	0,12	15,81	0,00	0,61	0,39
46	14	0,12	14,47	0,00	0,61	0,39	96	14	0,16	13,49	0,00	0,67	0,55
46	15	0,14	17,32	0,00	0,64	0,48	96	15	0,11	12,49	0,00	0,59	0,36
46	16	0,11	12,71	0,00	0,59	0,36	96	16	0,04	19,84	0,00	0,50	0,13
46	17	0,22	12,30	0,00	0,74	0,73	96	17	0,09	14,33	0,00	0,57	0,31
46	18	0,27	10,81	0,00	0,82	0,91	96	18	0,13	12,62	0,00	0,62	0,43
46	19	0,34	10,29	0,06	0,85	0,99	96	19	0,20	12,15	0,00	0,71	0,65
46	20	0,17	17,30	0,00	0,68	0,57	96	20	0,16	14,19	0,00	0,66	0,53
46	21	0,15	12,90	0,00	0,65	0,50	96	21	0,53	8,04	0,39	0,79	0,86
46	22	0,08	12,16	0,00	0,56	0,28	96	22	0,94	3,57	1,00	0,78	0,82

46	23	0,07	15,62	0,00	0,54	0,22	96	23	0,13	16,03	0,00	0,63	0,44
46	24	0,13	14,48	0,00	0,63	0,45	96	24	0,91	5,20	0,94	0,78	0,83
46	25	0,23	15,88	0,00	0,76	0,77	96	25	0,08	15,58	0,00	0,55	0,26
46	26	0,09	19,34	0,00	0,57	0,29	96	26	0,05	14,75	0,00	0,51	0,15
46	27	0,19	9,92	0,10	0,61	0,41	96	27	0,23	14,84	0,00	0,76	0,77
46	28	0,30	9,61	0,15	0,70	0,63	96	28	0,09	17,40	0,00	0,56	0,29
46	29	0,09	14,17	0,00	0,56	0,29	96	29	0,10	16,09	0,00	0,59	0,35
46	30	0,79	5,90	0,82	0,74	0,73	96	30	0,09	16,13	0,00	0,56	0,28
47	1	0,08	15,95	0,00	0,55	0,25	97	1	0,17	15,03	0,00	0,68	0,58
47	2	0,12	18,51	0,00	0,60	0,39	97	2	0,04	15,65	0,00	0,51	0,14
47	3	0,19	12,94	0,00	0,70	0,62	97	3	0,12	17,48	0,00	0,61	0,39
47	4	0,27	12,43	0,00	0,81	0,90	97	4	0,28	12,69	0,00	0,83	0,95
47	5	0,26	12,50	0,00	0,79	0,85	97	5	0,15	16,32	0,00	0,66	0,51
47	6	0,14	17,20	0,00	0,63	0,46	97	6	0,09	19,78	0,00	0,57	0,29
47	7	0,16	14,05	0,00	0,66	0,53	97	7	0,13	16,20	0,00	0,63	0,44
47	8	0,14	15,95	0,00	0,63	0,45	97	8	0,27	10,66	0,00	0,81	0,90
47	9	0,86	5,25	0,91	0,75	0,75	97	9	0,15	12,70	0,00	0,65	0,51
47	10	0,15	14,39	0,00	0,65	0,51	97	10	0,18	16,63	0,00	0,69	0,60
47	11	0,20	10,96	0,11	0,62	0,43	97	11	0,23	14,02	0,00	0,76	0,76
47	12	0,14	12,40	0,00	0,63	0,45	97	12	0,04	18,65	0,00	0,51	0,14
47	13	0,17	11,60	0,00	0,67	0,56	97	13	0,04	15,89	0,00	0,51	0,14
47	14	0,05	16,08	0,00	0,51	0,16	97	14	0,36	9,39	0,25	0,69	0,61
47	15	0,13	13,51	0,00	0,63	0,44	97	15	0,21	14,80	0,00	0,73	0,69
47	16	0,17	11,85	0,00	0,68	0,57	97	16	0,14	13,34	0,00	0,64	0,48
47	17	0,24	13,93	0,00	0,77	0,80	97	17	0,06	17,85	0,00	0,53	0,19
47	18	0,13	11,72	0,00	0,62	0,44	97	18	0,23	14,05	0,00	0,76	0,76
47	19	0,09	18,73	0,00	0,58	0,31	97	19	0,06	18,70	0,00	0,53	0,20
47	20	0,15	15,11	0,00	0,65	0,49	97	20	0,23	11,93	0,00	0,76	0,77
47	21	0,12	10,76	0,00	0,61	0,40	97	21	0,13	13,45	0,00	0,62	0,43
47	22	0,16	11,88	0,00	0,66	0,53	97	22	0,19	14,51	0,00	0,71	0,65
47	23	0,13	15,71	0,00	0,63	0,45	97	23	0,12	15,24	0,00	0,61	0,39
47	24	0,19	10,76	0,07	0,64	0,47	97	24	0,22	13,36	0,00	0,74	0,73
47	25	0,11	13,88	0,00	0,59	0,35	97	25	0,09	14,06	0,00	0,57	0,31
47	26	0,18	13,89	0,00	0,69	0,60	97	26	0,09	14,50	0,00	0,58	0,31
47	27	0,24	9,97	0,05	0,73	0,69	97	27	0,06	15,12	0,00	0,53	0,19
47	28	0,09	16,60	0,00	0,57	0,29	97	28	0,11	16,29	0,00	0,59	0,36
47	29	0,15	13,23	0,00	0,65	0,50	97	29	0,22	13,54	0,00	0,74	0,73
47	30	0,18	13,27	0,00	0,69	0,60	97	30	0,48	9,41	0,26	0,85	1,00
48	1	0,24	10,31	0,00	0,77	0,80	98	1	0,13	16,34	0,00	0,63	0,44
48	2	0,14	13,64	0,00	0,64	0,47	98	2	0,20	10,33	0,05	0,67	0,56
48	3	0,23	13,26	0,00	0,76	0,77	98	3	0,03	19,37	0,00	0,49	0,09
48	4	0,13	16,28	0,00	0,63	0,45	98	4	0,28	10,23	0,13	0,70	0,62
48	5	0,10	17,57	0,00	0,59	0,35	98	5	0,22	15,02	0,00	0,74	0,74
48	6	0,07	19,30	0,00	0,55	0,25	98	6	0,16	11,08	0,00	0,66	0,53
48	7	0,10	18,59	0,00	0,58	0,32	98	7	0,11	10,66	0,00	0,60	0,37
48	8	0,15	15,82	0,00	0,65	0,50	98	8	0,15	12,70	0,00	0,65	0,51
48	9	0,23	14,43	0,00	0,75	0,76	98	9	0,18	9,91	0,12	0,58	0,33
48	10	0,23	11,04	0,04	0,72	0,67	98	10	0,14	12,61	0,00	0,64	0,47
48	11	0,30	11,44	0,00	0,85	0,99	98	11	0,05	13,99	0,00	0,52	0,18
48	12	0,07	15,29	0,00	0,54	0,24	98	12	0,25	10,05	0,07	0,72	0,68
48	13	0,09	15,57	0,00	0,57	0,30	98	13	0,13	14,29	0,00	0,63	0,45
48	14	0,09	13,67	0,00	0,57	0,30	98	14	0,06	14,86	0,00	0,52	0,19
48	15	0,14	16,56	0,00	0,63	0,46	98	15	0,51	7,81	0,44	0,72	0,67
48	16	0,20	14,99	0,00	0,71	0,65	98	16	0,14	15,28	0,00	0,63	0,45
48	17	0,17	15,44	0,00	0,68	0,57	98	17	0,23	16,25	0,00	0,76	0,76
48	18	0,15	12,70	0,00	0,65	0,51	98	18	0,06	16,56	0,00	0,53	0,20
48	19	0,11	15,39	0,00	0,60	0,37	98	19	0,16	15,31	0,00	0,67	0,54
48	20	0,19	11,15	0,00	0,70	0,64	98	20	0,19	10,96	0,00	0,70	0,63
48	21	0,09	13,96	0,00	0,57	0,30	98	21	0,28	10,42	0,03	0,79	0,86
48	22	0,06	13,68	0,00	0,53	0,21	98	22	0,21	14,22	0,00	0,73	0,69
48	23	0,19	12,91	0,00	0,69	0,61	98	23	0,12	16,33	0,00	0,61	0,40
48	24	0,12	11,18	0,00	0,61	0,40	98	24	0,17	13,37	0,00	0,68	0,57
48	25	0,17	10,26	0,00	0,67	0,55	98	25	0,20	15,01	0,00	0,71	0,65
48	26	0,12	14,72	0,00	0,61	0,41	98	26	0,25	14,59	0,00	0,78	0,82
48	27	0,03	14,58	0,00	0,49	0,10	98	27	0,20	11,33	0,03	0,69	0,60
48	28	0,10	17,91	0,00	0,58	0,33	98	28	0,37	9,21	0,31	0,65	0,50
48	29	0,45	8,78	0,24	0,82	0,92	98	29	0,12	14,15	0,00	0,61	0,41
48	30	0,00	16,95	0,00	0,44	0,00	98	30	0,19	10,92	0,05	0,66	0,51
49	1	0,10	18,59	0,00	0,58	0,32	99	1	0,25	11,30	0,02	0,76	0,77
49	2	0,08	12,79	0,00	0,55	0,26	99	2	0,00	24,03	0,00	0,36	0,00
49	3	0,22	14,13	0,00	0,74	0,73	99	3	0,26	13,03	0,00	0,79	0,86
49	4	0,15	16,27	0,00	0,65	0,50	99	4	0,21	14,21	0,00	0,73	0,69
49	5	0,21	10,82	0,13	0,60	0,39	99	5	0,18	15,02	0,00	0,69	0,60
49	6	0,09	15,80	0,00	0,56	0,29	99	6	0,09	13,77	0,00	0,57	0,29
49	7	0,14	16,21	0,00	0,64	0,47	99	7	0,23	12,84	0,00	0,75	0,76
49	8	0,09	11,79	0,00	0,57	0,30	99	8	0,08	14,29	0,00	0,55	0,25
49	9	0,15	13,57	0,00	0,65	0,51	99	9	0,12	13,74	0,00	0,61	0,40
49	10	0,20	12,92	0,00	0,71	0,65	99	10	0,14	14,34	0,00	0,64	0,48
49	11	0,19	12,70	0,00	0,71	0,64	99	11	0,05	17,89	0,00	0,52	0,17
49	12	0,35	9,81	0,12	0,80	0,88	99	12	0,17	11,74	0,00	0,68	0,58
49	13	0,11	14,25	0,00	0,59	0,36	99	13	0,11	12,95	0,00	0,59	0,35

49	14	0,13	15,61	0,00	0,62	0,43	99	14	0,21	12,88	0,00	0,72	0,69
49	15	0,14	16,02	0,00	0,63	0,45	99	15	0,12	14,37	0,00	0,61	0,40
49	16	0,08	12,58	0,00	0,55	0,25	99	16	0,32	9,87	0,06	0,82	0,93
49	17	0,82	6,06	0,74	0,86	1,00	99	17	0,29	10,12	0,01	0,82	0,93
49	18	0,40	8,37	0,33	0,68	0,56	99	18	0,14	11,07	0,00	0,64	0,46
49	19	0,13	14,32	0,00	0,62	0,44	99	19	0,17	11,74	0,00	0,68	0,58
49	20	0,12	16,20	0,00	0,61	0,40	99	20	0,23	12,31	0,05	0,71	0,65
49	21	0,25	13,26	0,00	0,78	0,82	99	21	0,11	17,23	0,00	0,59	0,36
49	22	0,17	13,01	0,00	0,68	0,56	99	22	0,06	15,87	0,00	0,53	0,20
49	23	0,18	10,45	0,02	0,67	0,55	99	23	0,16	15,87	0,00	0,66	0,53
49	24	0,07	13,91	0,00	0,54	0,23	99	24	0,05	18,18	0,00	0,51	0,16
49	25	0,20	10,23	0,03	0,68	0,58	99	25	0,45	9,31	0,28	0,80	0,87
49	26	0,23	12,81	0,00	0,75	0,75	99	26	0,08	14,06	0,00	0,55	0,25
49	27	0,12	11,74	0,00	0,61	0,41	99	27	0,17	11,33	0,05	0,63	0,45
49	28	0,13	12,03	0,00	0,62	0,43	99	28	0,08	18,75	0,00	0,55	0,25
49	29	0,16	11,68	0,00	0,66	0,53	99	29	0,07	17,59	0,00	0,54	0,23
49	30	0,12	10,84	0,00	0,61	0,40	99	30	0,23	10,72	0,06	0,70	0,62
50	1	0,92	3,96	0,98	0,76	0,76	100	1	0,15	12,43	0,00	0,65	0,49
50	2	0,11	13,28	0,00	0,60	0,37	100	2	0,17	11,39	0,00	0,68	0,57
50	3	0,22	10,11	0,03	0,71	0,65	100	3	0,04	16,52	0,00	0,51	0,14
50	4	0,22	14,61	0,00	0,75	0,75	100	4	0,22	12,72	0,00	0,74	0,73
50	5	0,19	19,41	0,00	0,70	0,64	100	5	0,37	9,46	0,18	0,78	0,83
50	6	0,08	16,73	0,00	0,55	0,25	100	6	0,18	11,43	0,00	0,68	0,58
50	7	0,17	10,64	0,05	0,63	0,45	100	7	0,17	10,78	0,04	0,63	0,45
50	8	0,07	17,02	0,00	0,55	0,24	100	8	0,19	14,60	0,00	0,70	0,63
50	9	0,17	16,27	0,00	0,67	0,56	100	9	0,15	17,37	0,00	0,65	0,51
50	10	0,10	14,83	0,00	0,59	0,34	100	10	0,12	13,52	0,00	0,61	0,41
50	11	0,14	14,23	0,00	0,63	0,46	100	11	0,32	11,02	0,03	0,86	1,00
50	12	0,33	9,13	0,23	0,67	0,56	100	12	0,49	8,01	0,40	0,73	0,69
50	13	0,17	17,47	0,00	0,67	0,56	100	13	0,23	10,44	0,03	0,72	0,68
50	14	0,14	13,17	0,00	0,63	0,46	100	14	0,05	15,82	0,00	0,51	0,15
50	15	0,10	12,04	0,00	0,59	0,34	100	15	0,20	14,42	0,00	0,72	0,67
50	16	0,12	18,44	0,00	0,61	0,41	100	16	0,17	12,67	0,00	0,68	0,57
50	17	0,72	6,82	0,62	0,83	0,94	100	17	0,12	12,90	0,00	0,61	0,41
50	18	0,05	13,60	0,00	0,51	0,15	100	18	0,08	16,03	0,00	0,55	0,26
50	19	0,21	12,97	0,00	0,72	0,68	100	19	0,19	13,86	0,00	0,70	0,62
50	20	0,25	11,88	0,00	0,78	0,82	100	20	0,50	8,86	0,28	0,85	1,00
50	21	0,49	8,49	0,30	0,83	0,94	100	21	0,19	16,63	0,00	0,71	0,64
50	22	0,16	10,99	0,06	0,61	0,39	100	22	0,26	12,41	0,00	0,80	0,88
50	23	0,41	9,44	0,20	0,82	0,92	100	23	0,83	5,43	0,83	0,79	0,84
50	24	0,05	16,62	0,00	0,52	0,18	100	24	0,19	10,60	0,01	0,69	0,60
50	25	0,12	11,86	0,00	0,61	0,39	100	25	0,22	10,81	0,07	0,68	0,58
50	26	0,94	3,57	1,00	0,78	0,82	100	26	0,11	16,25	0,00	0,60	0,37
50	27	0,13	14,22	0,00	0,63	0,44	100	27	0,12	15,35	0,00	0,62	0,41
50	28	0,10	17,28	0,00	0,58	0,33	100	28	0,15	12,91	0,00	0,66	0,51
50	29	0,23	10,13	0,00	0,75	0,75	100	29	0,77	6,13	0,77	0,76	0,77
50	30	0,14	10,65	0,01	0,63	0,44	100	30	0,12	13,76	0,00	0,61	0,41

## Załącznik 2 Tabela wyników cząstkowych algorytmu dla $q_0=0.05$

Iteracja	Osobnik w iteracji	Funkcja kryterialna	Średni czas przejścia	Funkcja czasu przejścia	Średnia efektywność	Funkcja efektywności	Iteracja	Osobnik w iteracji	Funkcja kryterialna	Średni czas przejścia	Funkcja czasu przejścia	Średnia efektywność	Funkcja efektywności
1	1	0,21	10,65	0,02	0,70	0,63	51	1	0,14	13,09	0,00	0,64	0,47
1	2	0,13	13,99	0,00	0,62	0,44	51	2	0,39	10,01	0,20	0,78	0,83
1	3	0,12	15,62	0,00	0,61	0,41	51	3	0,10	15,04	0,00	0,59	0,35
1	4	0,07	14,51	0,00	0,54	0,24	51	4	0,15	15,06	0,00	0,65	0,50
1	5	0,12	14,46	0,00	0,61	0,39	51	5	0,21	13,64	0,00	0,73	0,70
1	6	0,20	12,07	0,00	0,72	0,68	51	6	0,08	16,70	0,00	0,56	0,27
1	7	0,11	15,69	0,00	0,60	0,37	51	7	0,61	7,31	0,54	0,76	0,78
1	8	0,16	15,42	0,00	0,67	0,54	51	8	0,10	17,59	0,00	0,58	0,32
1	9	0,13	15,77	0,00	0,63	0,45	51	9	0,25	10,63	0,00	0,78	0,82
1	10	0,15	14,68	0,00	0,65	0,50	51	10	0,18	17,25	0,00	0,69	0,60
1	11	0,05	20,63	0,00	0,51	0,16	51	11	0,02	18,05	0,00	0,48	0,08
1	12	0,13	13,42	0,00	0,63	0,44	51	12	0,09	15,09	0,00	0,57	0,30
1	13	0,13	14,38	0,00	0,62	0,43	51	13	0,08	13,41	0,00	0,56	0,28
1	14	0,14	16,17	0,00	0,64	0,47	51	14	0,13	15,34	0,00	0,62	0,43
1	15	0,21	15,28	0,00	0,73	0,70	51	15	0,07	17,26	0,00	0,55	0,24
1	16	0,20	11,02	0,02	0,69	0,61	51	16	0,14	12,90	0,00	0,63	0,45
1	17	0,21	12,94	0,00	0,73	0,70	51	17	0,09	16,70	0,00	0,57	0,30
1	18	0,23	11,53	0,00	0,75	0,76	51	18	0,12	14,82	0,00	0,61	0,39
1	19	0,34	10,34	0,11	0,80	0,87	51	19	0,15	11,88	0,00	0,65	0,51
1	20	0,10	13,56	0,00	0,59	0,35	51	20	0,22	12,98	0,00	0,75	0,75
1	21	0,27	12,15	0,00	0,81	0,91	51	21	0,12	16,07	0,00	0,62	0,42
1	22	0,11	13,01	0,00	0,59	0,36	51	22	0,07	17,27	0,00	0,54	0,22
1	23	0,04	17,33	0,00	0,50	0,13	51	23	0,10	13,41	0,00	0,58	0,32
1	24	0,07	14,08	0,00	0,54	0,24	51	24	0,14	12,58	0,00	0,63	0,46
1	25	0,16	13,19	0,00	0,66	0,52	51	25	0,16	10,95	0,00	0,66	0,53
1	26	0,07	14,88	0,00	0,54	0,22	51	26	0,19	15,68	0,00	0,71	0,65
1	27	0,04	18,47	0,00	0,50	0,12	51	27	0,11	18,28	0,00	0,59	0,36
1	28	0,09	16,77	0,00	0,57	0,31	51	28	0,14	13,15	0,00	0,64	0,46
1	29	0,17	14,72	0,00	0,68	0,58	51	29	0,14	16,11	0,00	0,63	0,46
1	30	0,06	17,30	0,00	0,53	0,20	51	30	0,15	13,11	0,00	0,65	0,51
2	1	0,32	9,64	0,15	0,74	0,74	52	1	0,30	9,71	0,12	0,74	0,71
2	2	0,16	12,46	0,00	0,66	0,53	52	2	0,30	9,53	0,13	0,73	0,70
2	3	0,10	14,43	0,00	0,59	0,34	52	3	0,12	14,19	0,00	0,61	0,41
2	4	0,20	12,15	0,00	0,71	0,65	52	4	0,70	7,14	0,57	0,86	1,00
2	5	0,11	16,42	0,00	0,60	0,37	52	5	0,18	13,89	0,00	0,69	0,60
2	6	0,05	18,35	0,00	0,52	0,16	52	6	0,08	17,98	0,00	0,55	0,26
2	7	0,21	15,63	0,00	0,73	0,71	52	7	0,22	13,55	0,00	0,74	0,74
2	8	0,09	18,39	0,00	0,56	0,28	52	8	0,06	19,36	0,00	0,53	0,20
2	9	0,12	16,51	0,00	0,61	0,39	52	9	0,10	16,11	0,00	0,58	0,32
2	10	0,17	14,48	0,00	0,68	0,56	52	10	0,13	12,68	0,00	0,62	0,43
2	11	0,12	15,24	0,00	0,61	0,40	52	11	0,09	13,91	0,00	0,57	0,30
2	12	0,15	11,73	0,00	0,65	0,49	52	12	0,09	14,45	0,00	0,57	0,30
2	13	0,06	15,59	0,00	0,53	0,19	52	13	0,17	12,75	0,00	0,68	0,58
2	14	0,18	12,54	0,00	0,70	0,62	52	14	0,12	13,82	0,00	0,61	0,39
2	15	0,31	9,55	0,17	0,71	0,64	52	15	0,10	17,61	0,00	0,59	0,34
2	16	0,51	8,27	0,48	0,69	0,60	52	16	0,10	18,21	0,00	0,58	0,33
2	17	0,20	12,88	0,00	0,72	0,67	52	17	0,12	17,16	0,00	0,61	0,40
2	18	0,14	12,67	0,00	0,63	0,46	52	18	0,07	15,16	0,00	0,55	0,24
2	19	0,22	10,03	0,05	0,70	0,63	52	19	0,10	16,15	0,00	0,59	0,35
2	20	0,10	15,76	0,00	0,58	0,32	52	20	0,24	12,04	0,00	0,77	0,81
2	21	0,16	15,72	0,00	0,66	0,54	52	21	0,10	17,73	0,00	0,59	0,34
2	22	0,07	17,52	0,00	0,55	0,24	52	22	0,11	17,18	0,00	0,59	0,35
2	23	0,12	14,73	0,00	0,62	0,41	52	23	0,06	15,27	0,00	0,52	0,19
2	24	0,12	13,73	0,00	0,60	0,38	52	24	0,22	13,59	0,00	0,74	0,73
2	25	0,00	19,66	0,00	0,44	0,00	52	25	0,25	10,95	0,00	0,78	0,82
2	26	0,16	14,49	0,00	0,67	0,54	52	26	0,13	13,82	0,00	0,62	0,43
2	27	0,07	13,66	0,00	0,55	0,25	52	27	0,08	14,41	0,00	0,56	0,28
2	28	0,09	18,97	0,00	0,56	0,29	52	28	0,07	14,11	0,00	0,54	0,23
2	29	0,21	15,28	0,00	0,73	0,70	52	29	0,15	13,95	0,00	0,64	0,49
2	30	0,24	13,12	0,00	0,77	0,81	52	30	0,06	17,81	0,00	0,53	0,21
3	1	0,13	16,64	0,00	0,62	0,42	53	1	0,19	13,56	0,00	0,70	0,62
3	2	0,19	10,76	0,00	0,70	0,62	53	2	0,06	17,83	0,00	0,53	0,20
3	3	0,20	13,05	0,00	0,71	0,65	53	3	0,22	12,39	0,00	0,75	0,74
3	4	0,24	14,98	0,00	0,77	0,80	53	4	0,12	15,57	0,00	0,60	0,39
3	5	0,15	16,46	0,00	0,65	0,49	53	5	0,18	11,60	0,00	0,69	0,61
3	6	0,29	10,11	0,09	0,74	0,74	53	6	0,11	14,86	0,00	0,60	0,37
3	7	0,03	19,55	0,00	0,49	0,10	53	7	0,14	16,75	0,00	0,64	0,48
3	8	0,25	10,64	0,00	0,78	0,82	53	8	0,29	12,48	0,00	0,84	0,98
3	9	0,15	16,66	0,00	0,64	0,49	53	9	0,29	12,49	0,00	0,84	0,97
3	10	0,19	14,01	0,00	0,70	0,62	53	10	0,17	13,28	0,00	0,67	0,56
3	11	0,13	14,98	0,00	0,63	0,44	53	11	0,08	16,85	0,00	0,55	0,26
3	12	0,06	16,67	0,00	0,52	0,18	53	12	0,13	15,87	0,00	0,62	0,43
3	13	0,16	10,98	0,00	0,66	0,52	53	13	0,05	18,17	0,00	0,52	0,16
3	14	0,16	12,85	0,00	0,66	0,53	53	14	0,11	15,69	0,00	0,60	0,37
3	15	0,06	17,03	0,00	0,54	0,22	53	15	0,39	9,25	0,19	0,78	0,84
3	16	0,12	17,47	0,00	0,61	0,40	53	16	0,30	9,17	0,17	0,70	0,62

3	17	0,14	16,49	0,00	0,64	0,47	53	17	0,13	13,16	0,00	0,62	0,43
3	18	0,09	17,95	0,00	0,57	0,29	53	18	0,12	15,29	0,00	0,62	0,41
3	19	0,15	16,47	0,00	0,65	0,51	53	19	0,13	14,98	0,00	0,63	0,45
3	20	0,86	5,95	0,80	0,84	0,99	53	20	0,19	13,51	0,00	0,70	0,63
3	21	0,91	5,24	0,90	0,82	0,93	53	21	0,22	17,35	0,00	0,74	0,72
3	22	0,16	14,98	0,00	0,67	0,55	53	22	0,10	13,56	0,00	0,59	0,35
3	23	0,12	15,28	0,00	0,61	0,40	53	23	0,08	15,82	0,00	0,55	0,26
3	24	0,15	16,24	0,00	0,65	0,50	53	24	0,12	14,91	0,00	0,61	0,39
3	25	0,09	12,58	0,00	0,57	0,31	53	25	0,05	19,54	0,00	0,52	0,17
3	26	0,26	14,03	0,00	0,79	0,85	53	26	0,10	15,52	0,00	0,58	0,33
3	27	0,10	14,25	0,00	0,58	0,32	53	27	0,10	17,15	0,00	0,59	0,35
3	28	0,12	15,85	0,00	0,61	0,41	53	28	0,18	15,19	0,00	0,69	0,60
3	29	0,07	19,28	0,00	0,55	0,25	53	29	0,10	13,56	0,00	0,59	0,35
3	30	0,16	14,82	0,00	0,66	0,54	53	30	0,13	13,28	0,00	0,63	0,44
4	1	0,14	12,13	0,00	0,63	0,46	54	1	0,29	12,57	0,00	0,84	0,97
4	2	0,12	13,88	0,00	0,61	0,39	54	2	0,05	16,66	0,00	0,51	0,15
4	3	0,09	17,10	0,00	0,57	0,30	54	3	0,10	18,70	0,00	0,58	0,32
4	4	0,16	11,15	0,01	0,65	0,51	54	4	0,28	11,32	0,04	0,79	0,85
4	5	0,11	18,14	0,00	0,60	0,37	54	5	0,10	17,62	0,00	0,58	0,34
4	6	0,04	14,52	0,00	0,51	0,14	54	6	0,00	18,50	0,00	0,44	0,00
4	7	0,11	18,15	0,00	0,60	0,37	54	7	0,13	14,52	0,00	0,63	0,44
4	8	0,14	10,65	0,01	0,63	0,44	54	8	0,05	18,82	0,00	0,52	0,17
4	9	0,07	15,06	0,00	0,54	0,23	54	9	0,15	15,65	0,00	0,65	0,49
4	10	0,30	11,05	0,07	0,78	0,84	54	10	0,20	13,92	0,00	0,72	0,67
4	11	0,15	15,12	0,00	0,65	0,50	54	11	0,23	10,65	0,04	0,71	0,65
4	12	0,15	17,75	0,00	0,65	0,50	54	12	0,08	18,74	0,00	0,56	0,27
4	13	0,11	16,13	0,00	0,59	0,36	54	13	0,11	15,69	0,00	0,60	0,37
4	14	0,17	12,40	0,00	0,68	0,58	54	14	0,11	13,18	0,00	0,60	0,38
4	15	0,16	16,13	0,00	0,67	0,54	54	15	0,17	10,64	0,05	0,63	0,45
4	16	0,12	15,82	0,00	0,61	0,41	54	16	0,08	13,92	0,00	0,55	0,26
4	17	0,24	14,53	0,00	0,77	0,81	54	17	0,12	12,31	0,00	0,61	0,41
4	18	0,15	12,72	0,00	0,64	0,48	54	18	0,11	14,78	0,00	0,60	0,38
4	19	0,10	17,00	0,00	0,58	0,33	54	19	0,14	15,16	0,00	0,64	0,48
4	20	0,11	13,04	0,00	0,60	0,37	54	20	0,24	9,79	0,09	0,69	0,60
4	21	0,20	13,92	0,00	0,71	0,66	54	21	0,22	10,61	0,00	0,74	0,72
4	22	0,10	18,66	0,00	0,59	0,34	54	22	0,08	15,18	0,00	0,56	0,26
4	23	0,14	12,59	0,00	0,64	0,48	54	23	0,12	13,65	0,00	0,60	0,39
4	24	0,15	15,23	0,00	0,65	0,50	54	24	0,27	9,94	0,05	0,76	0,78
4	25	0,10	14,21	0,00	0,58	0,33	54	25	0,20	10,44	0,07	0,65	0,50
4	26	0,15	13,17	0,00	0,65	0,50	54	26	0,09	14,35	0,00	0,57	0,29
4	27	0,01	17,97	0,00	0,47	0,04	54	27	0,06	18,68	0,00	0,54	0,22
4	28	0,27	10,90	0,07	0,75	0,74	54	28	0,16	16,31	0,00	0,66	0,52
4	29	0,17	14,14	0,00	0,67	0,56	54	29	0,09	15,06	0,00	0,57	0,31
4	30	0,12	14,96	0,00	0,61	0,39	54	30	0,22	14,63	0,00	0,74	0,73
5	1	0,26	10,31	0,11	0,70	0,62	55	1	0,22	13,32	0,00	0,74	0,73
5	2	0,07	18,75	0,00	0,55	0,24	55	2	0,11	13,06	0,00	0,59	0,36
5	3	0,05	19,42	0,00	0,52	0,17	55	3	0,10	12,06	0,00	0,58	0,33
5	4	0,10	15,51	0,00	0,58	0,33	55	4	0,20	13,08	0,00	0,72	0,66
5	5	0,13	14,23	0,00	0,62	0,43	55	5	0,23	13,15	0,00	0,76	0,77
5	6	0,07	19,25	0,00	0,54	0,22	55	6	0,09	14,17	0,00	0,57	0,30
5	7	0,14	13,30	0,00	0,64	0,47	55	7	0,29	12,57	0,00	0,84	0,97
5	8	0,14	14,29	0,00	0,64	0,48	55	8	0,05	17,91	0,00	0,52	0,17
5	9	0,24	10,30	0,06	0,72	0,67	55	9	0,23	13,49	0,00	0,76	0,77
5	10	0,63	7,17	0,57	0,76	0,78	55	10	0,23	13,94	0,00	0,76	0,78
5	11	0,12	12,44	0,00	0,61	0,41	55	11	0,16	13,71	0,00	0,66	0,53
5	12	0,17	14,12	0,00	0,68	0,56	55	12	0,09	19,41	0,00	0,57	0,30
5	13	0,03	15,29	0,00	0,48	0,09	55	13	0,11	16,58	0,00	0,59	0,36
5	14	0,04	15,28	0,00	0,51	0,14	55	14	0,09	15,02	0,00	0,57	0,30
5	15	0,10	19,77	0,00	0,58	0,32	55	15	0,17	18,21	0,00	0,68	0,58
5	16	0,12	16,54	0,00	0,60	0,38	55	16	0,13	16,21	0,00	0,63	0,44
5	17	0,16	11,34	0,00	0,66	0,52	55	17	0,14	13,53	0,00	0,63	0,46
5	18	0,23	10,13	0,11	0,65	0,50	55	18	0,15	12,72	0,00	0,64	0,48
5	19	0,19	12,87	0,00	0,70	0,62	55	19	0,17	11,04	0,03	0,65	0,50
5	20	0,19	15,59	0,00	0,71	0,65	55	20	0,19	13,98	0,00	0,70	0,63
5	21	0,04	15,51	0,00	0,51	0,14	55	21	0,29	12,20	0,00	0,83	0,96
5	22	0,18	15,78	0,00	0,69	0,59	55	22	0,09	15,14	0,00	0,57	0,30
5	23	0,04	15,00	0,00	0,51	0,14	55	23	0,18	12,24	0,00	0,70	0,61
5	24	0,28	12,11	0,00	0,82	0,92	55	24	0,41	8,73	0,25	0,76	0,77
5	25	0,17	10,44	0,02	0,66	0,52	55	25	0,09	16,74	0,00	0,58	0,31
5	26	0,10	15,86	0,00	0,58	0,34	55	26	0,14	11,52	0,00	0,64	0,48
5	27	0,17	13,57	0,00	0,68	0,57	55	27	0,08	18,49	0,00	0,55	0,26
5	28	0,30	8,84	0,24	0,63	0,46	55	28	0,13	10,49	0,00	0,62	0,43
5	29	0,12	19,24	0,00	0,61	0,41	55	29	0,24	13,67	0,00	0,77	0,80
5	30	0,22	12,17	0,00	0,74	0,72	55	30	0,12	14,33	0,00	0,61	0,41
6	1	0,08	19,96	0,00	0,56	0,27	56	1	0,20	14,69	0,00	0,71	0,65
6	2	0,12	16,37	0,00	0,61	0,39	56	2	0,17	12,57	0,00	0,68	0,57
6	3	0,07	14,65	0,00	0,55	0,24	56	3	0,14	15,94	0,00	0,63	0,45
6	4	0,26	14,03	0,00	0,79	0,85	56	4	0,12	19,32	0,00	0,61	0,39
6	5	0,06	14,34	0,00	0,54	0,22	56	5	0,13	15,17	0,00	0,63	0,45
6	6	0,09	15,06	0,00	0,58	0,31	56	6	0,11	16,58	0,00	0,59	0,36
6	7	0,13	16,34	0,00	0,63	0,44	56	7	0,35	9,13	0,21	0,71	0,66

6	8	0,13	15,17	0,00	0,63	0,45	56	8	0,17	13,75	0,00	0,68	0,57
6	9	0,17	12,02	0,02	0,65	0,51	56	9	0,13	16,27	0,00	0,63	0,45
6	10	0,13	16,22	0,00	0,62	0,43	56	10	0,30	10,37	0,07	0,78	0,82
6	11	0,12	16,61	0,00	0,61	0,39	56	11	0,26	11,54	0,00	0,79	0,85
6	12	0,21	10,07	0,01	0,72	0,67	56	12	0,13	13,17	0,00	0,62	0,42
6	13	0,14	12,86	0,00	0,64	0,47	56	13	0,09	16,63	0,00	0,57	0,29
6	14	0,06	15,50	0,00	0,54	0,21	56	14	0,12	16,95	0,00	0,61	0,39
6	15	0,21	14,07	0,00	0,74	0,71	56	15	0,06	14,35	0,00	0,54	0,21
6	16	0,16	12,07	0,00	0,67	0,55	56	16	0,16	14,35	0,00	0,66	0,53
6	17	0,26	10,42	0,10	0,71	0,66	56	17	0,23	12,73	0,00	0,76	0,76
6	18	0,27	11,29	0,00	0,81	0,91	56	18	0,15	14,72	0,00	0,65	0,49
6	19	0,22	12,76	0,00	0,74	0,73	56	19	0,11	12,86	0,00	0,60	0,37
6	20	0,11	16,72	0,00	0,59	0,35	56	20	0,07	16,83	0,00	0,54	0,22
6	21	0,10	17,94	0,00	0,58	0,34	56	21	0,05	16,88	0,00	0,52	0,18
6	22	0,12	16,78	0,00	0,62	0,42	56	22	0,06	18,76	0,00	0,53	0,20
6	23	0,05	16,37	0,00	0,52	0,17	56	23	0,24	15,18	0,00	0,77	0,80
6	24	0,24	15,68	0,00	0,76	0,79	56	24	0,08	17,39	0,00	0,55	0,26
6	25	0,07	17,27	0,00	0,54	0,23	56	25	0,04	17,98	0,00	0,50	0,13
6	26	0,25	11,09	0,05	0,74	0,73	56	26	0,14	15,04	0,00	0,64	0,48
6	27	0,13	14,37	0,00	0,63	0,44	56	27	0,12	14,96	0,00	0,61	0,39
6	28	0,12	12,88	0,00	0,61	0,40	56	28	0,49	7,82	0,42	0,71	0,65
6	29	0,18	13,20	0,00	0,69	0,60	56	29	0,19	14,48	0,00	0,70	0,64
6	30	0,05	20,28	0,00	0,52	0,17	56	30	0,15	14,67	0,00	0,66	0,51
7	1	0,20	13,41	0,00	0,71	0,66	57	1	0,13	13,82	0,00	0,63	0,44
7	2	0,13	12,66	0,00	0,63	0,45	57	2	0,18	12,33	0,00	0,68	0,58
7	3	0,11	15,95	0,00	0,60	0,37	57	3	0,22	13,87	0,00	0,74	0,73
7	4	0,18	12,56	0,00	0,69	0,60	57	4	0,17	16,28	0,00	0,67	0,56
7	5	0,25	10,14	0,09	0,70	0,63	57	5	0,12	15,58	0,00	0,61	0,41
7	6	0,04	16,10	0,00	0,51	0,15	57	6	0,11	13,02	0,00	0,60	0,37
7	7	0,13	15,76	0,00	0,62	0,43	57	7	0,19	12,37	0,00	0,70	0,63
7	8	0,20	12,54	0,01	0,70	0,63	57	8	0,07	14,37	0,00	0,54	0,23
7	9	0,07	17,56	0,00	0,54	0,23	57	9	0,22	10,87	0,12	0,63	0,46
7	10	0,15	16,07	0,00	0,65	0,51	57	10	0,18	12,58	0,00	0,69	0,59
7	11	0,09	15,84	0,00	0,57	0,30	57	11	0,17	12,76	0,00	0,67	0,56
7	12	0,10	18,70	0,00	0,58	0,32	57	12	0,12	13,55	0,00	0,61	0,40
7	13	0,14	13,65	0,00	0,63	0,45	57	13	0,12	16,11	0,00	0,61	0,41
7	14	0,03	15,34	0,00	0,48	0,08	57	14	0,14	17,42	0,00	0,64	0,48
7	15	0,15	14,98	0,00	0,65	0,49	57	15	0,10	13,44	0,00	0,58	0,33
7	16	0,14	16,05	0,00	0,63	0,45	57	16	0,14	12,51	0,00	0,64	0,48
7	17	0,08	18,68	0,00	0,56	0,27	57	17	0,14	16,59	0,00	0,63	0,45
7	18	0,07	19,19	0,00	0,55	0,25	57	18	0,17	11,84	0,00	0,68	0,57
7	19	0,33	9,71	0,13	0,77	0,79	57	19	0,12	16,44	0,00	0,61	0,40
7	20	0,07	18,38	0,00	0,54	0,23	57	20	0,17	16,93	0,00	0,68	0,57
7	21	0,17	12,91	0,00	0,67	0,55	57	21	0,22	10,72	0,01	0,74	0,71
7	22	0,18	13,75	0,00	0,68	0,58	57	22	0,03	16,47	0,00	0,48	0,08
7	23	0,12	13,27	0,00	0,62	0,41	57	23	0,14	13,57	0,00	0,63	0,46
7	24	0,14	15,59	0,00	0,63	0,46	57	24	0,07	16,61	0,00	0,55	0,24
7	25	0,03	17,87	0,00	0,49	0,10	57	25	0,16	16,13	0,00	0,66	0,53
7	26	0,17	16,02	0,00	0,67	0,55	57	26	0,11	11,85	0,00	0,60	0,37
7	27	0,14	14,23	0,00	0,64	0,48	57	27	0,16	12,39	0,00	0,66	0,52
7	28	0,03	16,85	0,00	0,49	0,10	57	28	0,06	14,60	0,00	0,53	0,20
7	29	0,12	14,75	0,00	0,61	0,40	57	29	0,23	10,89	0,00	0,76	0,77
7	30	0,09	17,78	0,00	0,57	0,29	57	30	0,13	14,50	0,00	0,62	0,42
8	1	0,25	11,40	0,00	0,78	0,84	58	1	0,69	6,89	0,62	0,79	0,86
8	2	0,12	13,27	0,00	0,62	0,41	58	2	0,03	18,71	0,00	0,50	0,12
8	3	0,03	20,26	0,00	0,50	0,11	58	3	0,09	11,79	0,00	0,57	0,30
8	4	0,15	13,50	0,00	0,65	0,50	58	4	0,14	18,76	0,00	0,64	0,47
8	5	0,08	19,36	0,00	0,56	0,27	58	5	0,21	14,26	0,00	0,73	0,70
8	6	0,17	11,97	0,00	0,68	0,58	58	6	0,08	16,17	0,00	0,55	0,26
8	7	0,05	19,91	0,00	0,52	0,16	58	7	0,20	15,83	0,00	0,71	0,65
8	8	0,17	13,76	0,00	0,68	0,57	58	8	0,09	15,10	0,00	0,57	0,31
8	9	0,19	16,44	0,00	0,70	0,63	58	9	0,14	10,72	0,00	0,63	0,46
8	10	0,19	13,49	0,00	0,71	0,65	58	10	0,13	14,75	0,00	0,63	0,45
8	11	0,05	18,64	0,00	0,52	0,17	58	11	0,13	12,44	0,00	0,63	0,44
8	12	0,13	16,61	0,00	0,63	0,44	58	12	0,75	6,65	0,65	0,89	1,00
8	13	0,09	14,20	0,00	0,57	0,29	58	13	0,07	13,16	0,00	0,54	0,23
8	14	0,22	10,26	0,04	0,71	0,64	58	14	0,16	14,46	0,00	0,66	0,52
8	15	0,30	10,10	0,06	0,79	0,86	58	15	0,18	11,04	0,02	0,68	0,57
8	16	0,10	12,54	0,00	0,59	0,34	58	16	0,29	9,96	0,10	0,74	0,73
8	17	0,20	14,52	0,00	0,71	0,66	58	17	0,35	9,72	0,13	0,79	0,85
8	18	0,10	13,19	0,00	0,59	0,35	58	18	0,17	16,70	0,00	0,67	0,55
8	19	0,10	13,08	0,00	0,59	0,35	58	19	0,02	17,42	0,00	0,48	0,07
8	20	0,14	18,42	0,00	0,64	0,48	58	20	0,12	15,73	0,00	0,61	0,40
8	21	0,05	18,85	0,00	0,51	0,16	58	21	0,10	14,30	0,00	0,59	0,34
8	22	0,09	13,20	0,00	0,56	0,29	58	22	0,12	15,56	0,00	0,61	0,39
8	23	0,13	12,24	0,03	0,60	0,37	58	23	0,12	12,72	0,00	0,61	0,40
8	24	0,16	13,38	0,00	0,67	0,54	58	24	0,16	12,65	0,00	0,66	0,53
8	25	0,07	12,37	0,00	0,54	0,22	58	25	0,09	14,34	0,00	0,57	0,30
8	26	0,14	13,93	0,00	0,64	0,47	58	26	0,16	15,80	0,00	0,67	0,54
8	27	0,09	16,94	0,00	0,58	0,31	58	27	0,12	13,17	0,00	0,61	0,40
8	28	0,26	9,94	0,13	0,68	0,59	58	28	0,20	14,70	0,00	0,71	0,66



8	29	0,31	10,81	0,06	0,81	0,89	58	29	0,18	11,66	0,00	0,70	0,61
8	30	0,22	14,71	0,00	0,74	0,72	58	30	0,21	13,01	0,00	0,73	0,71
9	1	0,23	11,56	0,06	0,70	0,63	59	1	0,20	15,11	0,00	0,72	0,66
9	2	0,17	14,19	0,00	0,68	0,58	59	2	0,12	13,47	0,00	0,60	0,38
9	3	0,06	14,53	0,00	0,52	0,19	59	3	0,00	22,75	0,00	0,42	0,00
9	4	0,06	18,85	0,00	0,54	0,21	59	4	0,06	15,06	0,00	0,53	0,19
9	5	0,17	15,81	0,00	0,68	0,57	59	5	0,16	17,39	0,00	0,67	0,54
9	6	0,17	12,80	0,00	0,68	0,57	59	6	0,06	18,32	0,00	0,53	0,21
9	7	0,19	12,79	0,00	0,71	0,64	59	7	0,09	13,27	0,00	0,56	0,29
9	8	0,07	16,01	0,00	0,54	0,23	59	8	0,27	9,57	0,11	0,71	0,65
9	9	0,15	13,16	0,00	0,64	0,49	59	9	0,17	17,16	0,00	0,68	0,58
9	10	0,16	14,43	0,00	0,66	0,53	59	10	0,20	11,29	0,01	0,71	0,66
9	11	0,33	9,48	0,10	0,79	0,86	59	11	0,09	16,44	0,00	0,57	0,30
9	12	0,19	14,41	0,00	0,70	0,62	59	12	0,13	13,47	0,00	0,62	0,43
9	13	0,18	14,75	0,00	0,69	0,60	59	13	0,11	16,10	0,00	0,60	0,37
9	14	0,09	15,10	0,00	0,58	0,32	59	14	0,17	12,98	0,00	0,68	0,57
9	15	0,15	14,06	0,00	0,65	0,49	59	15	0,26	10,33	0,04	0,76	0,78
9	16	0,11	15,58	0,00	0,60	0,38	59	16	0,31	9,40	0,12	0,76	0,77
9	17	0,10	14,76	0,00	0,59	0,34	59	17	0,19	11,86	0,05	0,66	0,53
9	18	0,13	12,40	0,00	0,62	0,42	59	18	0,16	14,61	0,00	0,67	0,54
9	19	0,09	14,13	0,00	0,57	0,31	59	19	0,28	11,43	0,04	0,79	0,86
9	20	0,22	10,21	0,07	0,68	0,57	59	20	0,14	15,85	0,00	0,63	0,46
9	21	0,10	15,82	0,00	0,59	0,34	59	21	0,12	14,75	0,00	0,61	0,41
9	22	0,07	13,30	0,00	0,54	0,23	59	22	0,10	16,32	0,00	0,59	0,34
9	23	0,10	15,64	0,00	0,59	0,35	59	23	0,21	15,10	0,00	0,73	0,69
9	24	0,14	11,52	0,00	0,64	0,47	59	24	0,15	13,83	0,00	0,66	0,51
9	25	0,11	17,73	0,00	0,60	0,38	59	25	0,00	21,07	0,00	0,40	0,00
9	26	0,17	13,70	0,00	0,68	0,57	59	26	0,08	17,20	0,00	0,56	0,27
9	27	0,12	13,83	0,00	0,61	0,40	59	27	0,07	13,49	0,00	0,55	0,24
9	28	0,16	12,85	0,00	0,66	0,53	59	28	0,05	18,56	0,00	0,52	0,18
9	29	0,11	15,25	0,00	0,59	0,36	59	29	0,03	20,47	0,00	0,49	0,11
9	30	0,20	12,56	0,00	0,72	0,67	59	30	0,09	14,87	0,00	0,57	0,30
10	1	0,20	13,58	0,00	0,72	0,68	60	1	0,22	15,52	0,00	0,74	0,73
10	2	0,07	15,19	0,00	0,54	0,23	60	2	0,09	16,40	0,00	0,58	0,31
10	3	0,07	17,36	0,00	0,54	0,23	60	3	0,15	15,32	0,00	0,65	0,50
10	4	0,17	16,09	0,00	0,67	0,55	60	4	0,28	10,58	0,04	0,79	0,85
10	5	0,19	14,98	0,00	0,70	0,63	60	5	0,28	11,09	0,01	0,81	0,90
10	6	0,11	17,46	0,00	0,59	0,36	60	6	0,12	16,12	0,00	0,61	0,41
10	7	0,23	14,43	0,00	0,75	0,76	60	7	0,69	7,19	0,56	0,95	1,00
10	8	0,13	13,86	0,00	0,63	0,44	60	8	0,28	13,03	0,00	0,82	0,93
10	9	0,13	18,03	0,00	0,63	0,44	60	9	0,10	14,77	0,00	0,58	0,34
10	10	0,10	15,72	0,00	0,58	0,32	60	10	0,14	11,70	0,00	0,63	0,45
10	11	0,17	17,05	0,00	0,67	0,56	60	11	0,12	11,01	0,00	0,61	0,40
10	12	0,20	11,06	0,00	0,72	0,67	60	12	0,26	13,51	0,00	0,79	0,85
10	13	0,07	12,70	0,00	0,54	0,24	60	13	0,05	14,75	0,00	0,51	0,15
10	14	0,10	12,74	0,00	0,59	0,35	60	14	0,14	14,36	0,00	0,64	0,48
10	15	0,12	17,18	0,00	0,61	0,40	60	15	0,04	20,70	0,00	0,50	0,13
10	16	0,31	8,98	0,20	0,68	0,57	60	16	0,20	11,34	0,00	0,71	0,66
10	17	0,15	16,88	0,00	0,66	0,52	60	17	0,05	17,96	0,00	0,51	0,16
10	18	0,19	15,59	0,00	0,71	0,65	60	18	0,15	14,38	0,00	0,65	0,51
10	19	0,05	17,79	0,00	0,52	0,17	60	19	0,02	18,98	0,00	0,48	0,08
10	20	0,09	13,93	0,00	0,57	0,31	60	20	0,26	12,90	0,00	0,80	0,88
10	21	0,23	13,05	0,00	0,76	0,78	60	21	0,19	15,02	0,00	0,71	0,64
10	22	0,14	16,70	0,00	0,63	0,46	60	22	0,12	18,03	0,00	0,61	0,40
10	23	0,14	15,39	0,00	0,64	0,48	60	23	0,01	16,27	0,00	0,46	0,03
10	24	0,22	14,18	0,00	0,74	0,73	60	24	0,09	15,10	0,00	0,58	0,32
10	25	0,18	12,86	0,00	0,69	0,61	60	25	0,13	13,41	0,00	0,63	0,45
10	26	0,61	7,60	0,48	0,82	0,92	60	26	0,15	17,31	0,00	0,65	0,50
10	27	0,10	16,24	0,00	0,59	0,35	60	27	0,12	14,14	0,00	0,60	0,38
10	28	0,11	13,51	0,00	0,60	0,38	60	28	0,05	19,09	0,00	0,52	0,18
10	29	0,11	14,31	0,00	0,59	0,36	60	29	0,20	12,41	0,00	0,72	0,67
10	30	0,15	13,06	0,01	0,65	0,50	60	30	0,10	19,91	0,00	0,58	0,32
11	1	0,19	15,86	0,00	0,70	0,62	61	1	0,19	15,63	0,00	0,71	0,65
11	2	0,13	14,52	0,00	0,63	0,44	61	2	0,28	14,49	0,00	0,82	0,94
11	3	0,21	15,36	0,00	0,73	0,70	61	3	0,19	14,52	0,00	0,70	0,63
11	4	0,14	14,73	0,00	0,64	0,48	61	4	0,19	14,08	0,00	0,71	0,65
11	5	0,14	19,37	0,00	0,64	0,47	61	5	0,68	6,99	0,60	0,80	0,87
11	6	0,16	15,69	0,00	0,66	0,52	61	6	0,15	13,61	0,01	0,64	0,47
11	7	0,14	14,93	0,00	0,63	0,46	61	7	0,22	12,13	0,00	0,75	0,74
11	8	0,09	13,20	0,00	0,57	0,30	61	8	0,17	12,74	0,00	0,67	0,56
11	9	0,21	14,13	0,00	0,73	0,71	61	9	0,06	15,66	0,00	0,53	0,21
11	10	0,25	12,01	0,00	0,79	0,85	61	10	0,22	10,96	0,03	0,72	0,67
11	11	0,94	4,80	0,96	0,81	0,90	61	11	0,17	16,65	0,00	0,68	0,58
11	12	0,15	15,41	0,00	0,66	0,52	61	12	0,19	12,37	0,00	0,70	0,63
11	13	0,10	14,00	0,00	0,58	0,32	61	13	0,00	21,20	0,00	0,39	0,00
11	14	0,17	12,89	0,00	0,68	0,57	61	14	0,19	12,35	0,00	0,71	0,65
11	15	0,12	16,37	0,00	0,60	0,38	61	15	0,23	11,21	0,02	0,74	0,73
11	16	0,23	11,74	0,00	0,76	0,77	61	16	0,18	13,18	0,00	0,69	0,60
11	17	0,20	12,41	0,00	0,72	0,67	61	17	0,14	15,14	0,00	0,64	0,48
11	18	0,15	14,72	0,00	0,65	0,51	61	18	0,15	11,37	0,00	0,65	0,51
11	19	0,17	15,03	0,00	0,68	0,58	61	19	0,22	12,85	0,00	0,75	0,75

11	20	0,15	14,22	0,00	0,66	0,51	61	20	0,25	12,89	0,00	0,78	0,82
11	21	0,06	17,95	0,00	0,53	0,20	61	21	0,36	9,05	0,19	0,75	0,75
11	22	0,24	11,73	0,04	0,73	0,71	61	22	0,06	15,35	0,00	0,53	0,20
11	23	0,06	14,21	0,00	0,53	0,19	61	23	0,07	15,48	0,00	0,54	0,23
11	24	0,21	10,64	0,02	0,71	0,66	61	24	0,18	12,54	0,00	0,69	0,59
11	25	0,11	12,67	0,00	0,60	0,36	61	25	0,19	12,38	0,02	0,69	0,60
11	26	0,14	12,59	0,00	0,63	0,46	61	26	0,18	14,39	0,00	0,68	0,58
11	27	0,09	16,47	0,00	0,56	0,29	61	27	0,11	12,94	0,00	0,59	0,35
11	28	0,22	16,06	0,00	0,74	0,72	61	28	0,15	17,70	0,00	0,65	0,50
11	29	0,10	16,11	0,00	0,58	0,32	61	29	0,16	16,48	0,00	0,66	0,52
11	30	0,06	16,61	0,00	0,53	0,20	61	30	0,21	11,58	0,00	0,73	0,70
12	1	0,12	15,55	0,00	0,62	0,41	62	1	0,28	12,00	0,00	0,82	0,93
12	2	0,19	14,01	0,00	0,70	0,62	62	2	0,11	14,92	0,00	0,59	0,36
12	3	0,23	11,01	0,00	0,75	0,76	62	3	0,06	20,34	0,00	0,53	0,21
12	4	0,14	16,49	0,00	0,64	0,47	62	4	0,17	15,06	0,00	0,67	0,55
12	5	0,05	19,97	0,00	0,52	0,18	62	5	0,49	8,42	0,32	0,81	0,90
12	6	0,08	15,68	0,00	0,56	0,27	62	6	0,28	9,68	0,15	0,68	0,58
12	7	0,22	13,48	0,00	0,75	0,74	62	7	0,18	13,27	0,00	0,69	0,60
12	8	0,18	14,89	0,00	0,69	0,59	62	8	0,07	15,20	0,00	0,54	0,22
12	9	0,17	13,36	0,00	0,68	0,57	62	9	0,24	14,25	0,00	0,77	0,80
12	10	0,10	15,38	0,00	0,58	0,33	62	10	0,19	12,86	0,00	0,70	0,63
12	11	0,05	17,91	0,00	0,52	0,17	62	11	0,12	16,27	0,00	0,61	0,39
12	12	0,09	11,53	0,00	0,58	0,32	62	12	0,13	13,90	0,00	0,63	0,44
12	13	0,17	12,01	0,00	0,68	0,57	62	13	0,12	16,35	0,00	0,61	0,41
12	14	0,14	15,75	0,00	0,64	0,48	62	14	0,07	13,72	0,00	0,54	0,23
12	15	0,04	13,72	0,00	0,50	0,12	62	15	0,05	19,78	0,00	0,52	0,17
12	16	0,16	15,03	0,00	0,66	0,53	62	16	0,30	10,37	0,00	0,85	0,99
12	17	0,22	14,45	0,00	0,74	0,73	62	17	0,19	15,01	0,00	0,71	0,64
12	18	0,06	15,82	0,00	0,52	0,19	62	18	0,16	13,54	0,00	0,66	0,53
12	19	0,34	9,26	0,17	0,74	0,72	62	19	0,22	10,11	0,09	0,66	0,53
12	20	0,09	13,87	0,00	0,58	0,31	62	20	0,07	14,92	0,00	0,54	0,23
12	21	0,08	19,46	0,00	0,55	0,25	62	21	0,12	19,80	0,00	0,61	0,40
12	22	0,19	17,21	0,00	0,70	0,62	62	22	0,08	16,72	0,00	0,56	0,28
12	23	0,12	14,19	0,00	0,61	0,40	62	23	0,15	13,60	0,00	0,65	0,49
12	24	0,15	14,01	0,00	0,64	0,49	62	24	0,14	12,02	0,00	0,64	0,47
12	25	0,08	14,21	0,00	0,56	0,28	62	25	0,14	10,83	0,00	0,64	0,46
12	26	0,01	18,52	0,00	0,47	0,04	62	26	0,47	8,52	0,30	0,80	0,86
12	27	0,08	13,03	0,00	0,55	0,26	62	27	0,08	18,97	0,00	0,56	0,26
12	28	0,19	16,44	0,00	0,70	0,63	62	28	0,29	9,73	0,07	0,77	0,80
12	29	0,14	15,15	0,00	0,63	0,46	62	29	0,19	12,89	0,00	0,71	0,64
12	30	0,10	16,62	0,00	0,59	0,35	62	30	0,06	20,64	0,00	0,53	0,20
13	1	0,11	18,49	0,00	0,60	0,38	63	1	0,28	11,57	0,00	0,82	0,92
13	2	0,14	17,20	0,00	0,64	0,48	63	2	0,05	15,02	0,00	0,52	0,16
13	3	0,16	12,88	0,00	0,66	0,52	63	3	0,14	12,42	0,00	0,63	0,46
13	4	0,22	11,54	0,00	0,74	0,73	63	4	0,25	13,81	0,00	0,78	0,82
13	5	0,11	18,16	0,00	0,59	0,36	63	5	0,13	15,62	0,00	0,62	0,43
13	6	0,12	15,53	0,00	0,61	0,40	63	6	0,10	12,54	0,00	0,59	0,34
13	7	0,26	11,01	0,03	0,78	0,82	63	7	0,10	12,25	0,00	0,58	0,32
13	8	0,12	16,29	0,00	0,62	0,41	63	8	0,24	12,61	0,00	0,77	0,79
13	9	0,06	19,45	0,00	0,53	0,20	63	9	0,32	9,26	0,19	0,69	0,61
13	10	0,57	7,72	0,44	0,80	0,87	63	10	0,13	15,50	0,00	0,62	0,43
13	11	0,03	18,80	0,00	0,50	0,11	63	11	0,14	16,39	0,00	0,64	0,47
13	12	0,12	15,60	0,00	0,61	0,40	63	12	0,11	14,12	0,00	0,60	0,36
13	13	0,13	12,70	0,00	0,62	0,42	63	13	0,04	20,81	0,00	0,50	0,13
13	14	0,05	20,24	0,00	0,52	0,18	63	14	0,23	9,90	0,03	0,73	0,70
13	15	0,17	14,08	0,00	0,68	0,56	63	15	0,13	15,70	0,00	0,63	0,44
13	16	0,02	16,09	0,00	0,48	0,08	63	16	0,09	13,01	0,00	0,57	0,30
13	17	0,41	8,82	0,24	0,78	0,82	63	17	0,22	13,78	0,00	0,74	0,73
13	18	0,12	16,83	0,00	0,61	0,39	63	18	0,22	12,71	0,00	0,75	0,75
13	19	0,13	16,17	0,00	0,63	0,44	63	19	0,10	14,14	0,00	0,58	0,33
13	20	0,08	18,96	0,00	0,55	0,25	63	20	0,10	14,80	0,00	0,58	0,32
13	21	0,21	15,64	0,00	0,73	0,69	63	21	0,21	14,51	0,00	0,74	0,72
13	22	0,10	15,51	0,00	0,58	0,33	63	22	0,12	18,78	0,00	0,61	0,40
13	23	0,16	13,86	0,00	0,66	0,52	63	23	0,11	12,96	0,00	0,60	0,38
13	24	0,14	16,67	0,00	0,64	0,48	63	24	0,19	13,47	0,00	0,70	0,63
13	25	0,21	9,90	0,11	0,63	0,44	63	25	0,02	18,55	0,00	0,47	0,05
13	26	0,05	18,34	0,00	0,52	0,16	63	26	0,27	9,85	0,09	0,72	0,67
13	27	0,09	14,60	0,00	0,57	0,30	63	27	0,20	14,54	0,00	0,72	0,67
13	28	0,04	19,17	0,00	0,51	0,14	63	28	0,23	15,50	0,00	0,76	0,77
13	29	0,01	18,14	0,00	0,46	0,04	63	29	0,09	20,20	0,00	0,57	0,30
13	30	0,15	14,95	0,00	0,66	0,51	63	30	0,20	13,04	0,00	0,72	0,67
14	1	0,67	7,35	0,53	0,84	0,98	64	1	0,16	14,57	0,00	0,67	0,54
14	2	0,15	12,74	0,00	0,65	0,50	64	2	0,13	16,08	0,00	0,63	0,45
14	3	0,05	19,63	0,00	0,52	0,17	64	3	0,16	12,03	0,00	0,67	0,55
14	4	0,13	16,70	0,00	0,62	0,43	64	4	0,20	14,09	0,00	0,72	0,67
14	5	0,11	17,48	0,00	0,59	0,36	64	5	0,09	17,74	0,00	0,57	0,29
14	6	0,17	18,88	0,00	0,67	0,55	64	6	0,13	14,69	0,00	0,63	0,44
14	7	0,09	17,36	0,00	0,57	0,31	64	7	0,11	17,81	0,00	0,60	0,38
14	8	0,17	13,51	0,00	0,67	0,56	64	8	0,13	13,34	0,00	0,63	0,45
14	9	0,19	15,05	0,00	0,70	0,62	64	9	0,17	12,23	0,00	0,68	0,57
14	10	0,03	19,81	0,00	0,50	0,11	64	10	0,09	17,75	0,00	0,57	0,31

14	11	0,06	19,39	0,00	0,54	0,22	64	11	0,12	13,19	0,00	0,61	0,41
14	12	0,19	13,61	0,00	0,71	0,64	64	12	0,83	5,22	0,83	0,79	0,84
14	13	0,14	16,05	0,00	0,63	0,46	64	13	0,09	12,32	0,00	0,57	0,30
14	14	0,05	17,75	0,00	0,52	0,18	64	14	0,12	13,50	0,00	0,61	0,41
14	15	0,17	15,52	0,00	0,68	0,56	64	15	0,16	14,27	0,00	0,66	0,54
14	16	0,17	13,95	0,00	0,68	0,57	64	16	0,18	12,81	0,00	0,69	0,60
14	17	0,10	14,87	0,00	0,59	0,35	64	17	0,15	12,48	0,00	0,65	0,51
14	18	0,14	17,60	0,00	0,64	0,48	64	18	0,11	14,01	0,00	0,60	0,37
14	19	0,14	17,34	0,00	0,63	0,45	64	19	0,23	13,74	0,00	0,76	0,78
14	20	0,16	14,43	0,00	0,66	0,53	64	20	0,16	16,45	0,00	0,66	0,52
14	21	0,20	13,49	0,00	0,71	0,65	64	21	0,11	12,51	0,00	0,59	0,36
14	22	0,05	20,53	0,00	0,51	0,16	64	22	0,25	13,67	0,00	0,78	0,83
14	23	0,08	17,26	0,00	0,55	0,25	64	23	0,05	17,53	0,00	0,52	0,18
14	24	0,13	18,34	0,00	0,63	0,45	64	24	0,11	17,84	0,00	0,59	0,35
14	25	0,23	10,37	0,15	0,62	0,43	64	25	0,11	17,22	0,00	0,60	0,38
14	26	0,13	14,58	0,00	0,62	0,43	64	26	0,07	14,37	0,00	0,54	0,23
14	27	0,17	15,25	0,00	0,67	0,55	64	27	0,09	14,50	0,00	0,58	0,31
14	28	0,15	14,30	0,00	0,66	0,52	64	28	0,23	11,24	0,02	0,73	0,71
14	29	0,10	18,05	0,00	0,59	0,35	64	29	0,20	16,76	0,00	0,72	0,66
14	30	0,16	13,56	0,00	0,66	0,52	64	30	0,12	15,58	0,00	0,61	0,41
15	1	0,18	15,66	0,00	0,69	0,59	65	1	0,23	14,88	0,00	0,75	0,76
15	2	0,06	19,21	0,00	0,52	0,19	65	2	0,12	16,47	0,00	0,61	0,40
15	3	0,27	10,91	0,09	0,73	0,69	65	3	0,19	13,87	0,00	0,70	0,63
15	4	0,27	11,11	0,00	0,81	0,91	65	4	0,11	14,71	0,00	0,59	0,36
15	5	0,15	13,50	0,00	0,65	0,49	65	5	0,16	15,33	0,00	0,67	0,54
15	6	0,26	10,29	0,12	0,68	0,57	65	6	0,09	14,16	0,00	0,57	0,31
15	7	0,04	18,48	0,00	0,50	0,13	65	7	0,09	16,33	0,00	0,57	0,30
15	8	0,57	7,76	0,45	0,79	0,85	65	8	0,03	14,56	0,00	0,49	0,11
15	9	0,07	17,93	0,00	0,54	0,22	65	9	0,16	14,18	0,00	0,67	0,55
15	10	0,11	15,42	0,00	0,60	0,37	65	10	0,14	16,17	0,00	0,64	0,46
15	11	0,17	12,38	0,00	0,68	0,57	65	11	0,17	13,33	0,00	0,68	0,58
15	12	0,15	16,20	0,00	0,65	0,49	65	12	0,09	13,57	0,00	0,57	0,30
15	13	0,10	14,68	0,00	0,58	0,33	65	13	0,08	15,29	0,00	0,56	0,27
15	14	0,30	9,84	0,12	0,73	0,71	65	14	0,06	17,78	0,00	0,53	0,20
15	15	0,11	12,97	0,00	0,59	0,36	65	15	0,15	14,84	0,00	0,64	0,48
15	16	0,23	11,24	0,09	0,67	0,54	65	16	0,15	16,80	0,00	0,65	0,50
15	17	0,07	16,08	0,00	0,55	0,25	65	17	0,16	11,97	0,00	0,66	0,53
15	18	0,22	14,12	0,00	0,74	0,72	65	18	0,18	15,55	0,00	0,69	0,60
15	19	0,12	14,02	0,00	0,61	0,41	65	19	0,22	15,75	0,00	0,74	0,72
15	20	0,20	14,16	0,00	0,71	0,66	65	20	0,51	8,03	0,39	0,76	0,78
15	21	0,06	15,95	0,00	0,53	0,20	65	21	0,10	14,00	0,00	0,58	0,32
15	22	0,09	19,01	0,00	0,57	0,30	65	22	0,08	16,81	0,00	0,56	0,28
15	23	0,01	17,53	0,00	0,47	0,05	65	23	0,19	13,53	0,00	0,70	0,62
15	24	0,10	15,05	0,00	0,58	0,33	65	24	0,12	15,50	0,00	0,62	0,42
15	25	0,06	14,65	0,00	0,53	0,19	65	25	0,00	19,57	0,00	0,44	0,00
15	26	0,19	16,95	0,00	0,71	0,65	65	26	0,04	19,43	0,00	0,50	0,13
15	27	0,45	8,85	0,23	0,83	0,95	65	27	0,20	16,84	0,00	0,72	0,67
15	28	0,17	13,76	0,00	0,68	0,57	65	28	0,29	12,28	0,00	0,84	0,97
15	29	0,19	12,86	0,00	0,71	0,65	65	29	0,12	13,81	0,00	0,61	0,41
15	30	0,19	15,83	0,00	0,70	0,63	65	30	0,15	14,13	0,00	0,65	0,51
16	1	0,19	11,64	0,00	0,70	0,64	66	1	0,11	15,29	0,00	0,59	0,36
16	2	0,30	8,84	0,24	0,63	0,46	66	2	0,18	14,88	0,00	0,69	0,59
16	3	0,12	13,24	0,00	0,60	0,39	66	3	0,45	8,82	0,24	0,83	0,95
16	4	0,21	11,77	0,00	0,73	0,71	66	4	0,04	17,87	0,00	0,50	0,13
16	5	0,19	12,45	0,00	0,71	0,65	66	5	0,40	10,04	0,19	0,81	0,90
16	6	0,16	11,99	0,00	0,67	0,54	66	6	0,17	12,64	0,00	0,68	0,58
16	7	0,51	8,03	0,39	0,76	0,78	66	7	0,21	15,88	0,00	0,73	0,70
16	8	0,08	14,59	0,00	0,55	0,25	66	8	0,24	10,56	0,02	0,75	0,75
16	9	0,05	14,56	0,00	0,52	0,18	66	9	0,12	11,01	0,00	0,61	0,40
16	10	0,16	15,32	0,00	0,66	0,53	66	10	0,29	10,14	0,02	0,82	0,92
16	11	0,19	13,75	0,00	0,71	0,65	66	11	0,22	12,85	0,00	0,74	0,72
16	12	0,13	16,74	0,00	0,62	0,42	66	12	0,21	13,03	0,00	0,73	0,69
16	13	0,18	10,75	0,00	0,69	0,60	66	13	0,13	12,91	0,00	0,62	0,43
16	14	0,13	14,11	0,00	0,63	0,44	66	14	0,16	13,35	0,00	0,67	0,55
16	15	0,26	12,67	0,00	0,79	0,86	66	15	0,15	15,37	0,00	0,65	0,50
16	16	0,09	16,09	0,00	0,57	0,31	66	16	0,03	19,34	0,00	0,49	0,09
16	17	0,14	19,95	0,00	0,64	0,47	66	17	0,15	14,91	0,00	0,65	0,51
16	18	0,12	18,28	0,00	0,61	0,40	66	18	0,16	11,51	0,00	0,66	0,53
16	19	0,20	11,09	0,04	0,68	0,58	66	19	0,08	18,07	0,00	0,56	0,28
16	20	0,11	15,44	0,00	0,60	0,38	66	20	0,02	16,79	0,00	0,48	0,06
16	21	0,10	15,51	0,00	0,58	0,33	66	21	0,08	13,34	0,00	0,56	0,27
16	22	0,09	13,37	0,00	0,57	0,29	66	22	0,21	12,94	0,00	0,73	0,70
16	23	0,04	18,43	0,00	0,50	0,13	66	23	0,14	14,21	0,00	0,64	0,46
16	24	0,10	11,85	0,00	0,59	0,34	66	24	0,43	8,59	0,28	0,76	0,77
16	25	0,07	14,13	0,00	0,55	0,24	66	25	0,16	13,74	0,00	0,66	0,53
16	26	0,06	16,15	0,00	0,53	0,21	66	26	0,13	15,40	0,00	0,63	0,45
16	27	0,14	12,61	0,00	0,63	0,46	66	27	0,14	13,86	0,00	0,64	0,48
16	28	0,03	18,75	0,00	0,49	0,09	66	28	0,08	15,45	0,00	0,56	0,28
16	29	0,12	15,28	0,00	0,61	0,41	66	29	0,16	15,71	0,00	0,66	0,53
16	30	0,27	10,31	0,09	0,73	0,69	66	30	0,14	16,50	0,00	0,63	0,46
17	1	0,18	12,77	0,00	0,69	0,60	67	1	0,07	17,88	0,00	0,55	0,24

17	2	0,12	16,32	0,00	0,61	0,40	67	2	0,09	12,97	0,00	0,56	0,29
17	3	0,12	15,68	0,00	0,61	0,39	67	3	0,33	9,54	0,12	0,78	0,82
17	4	0,26	13,18	0,00	0,80	0,87	67	4	0,27	12,43	0,00	0,81	0,90
17	5	0,27	10,01	0,07	0,74	0,74	67	5	0,14	16,09	0,00	0,64	0,48
17	6	0,12	15,97	0,00	0,60	0,39	67	6	0,09	16,27	0,00	0,57	0,29
17	7	0,01	19,28	0,00	0,46	0,03	67	7	0,54	7,74	0,45	0,75	0,76
17	8	0,87	5,75	0,85	0,82	0,91	67	8	0,17	15,17	0,00	0,68	0,57
17	9	0,11	12,95	0,00	0,60	0,37	67	9	0,32	10,72	0,05	0,83	0,96
17	10	0,09	15,62	0,00	0,57	0,30	67	10	0,15	12,58	0,00	0,65	0,51
17	11	0,25	11,79	0,00	0,78	0,83	67	11	0,11	12,42	0,00	0,60	0,37
17	12	0,19	15,02	0,00	0,70	0,63	67	12	0,14	12,52	0,00	0,63	0,45
17	13	0,10	12,70	0,00	0,58	0,33	67	13	0,22	10,17	0,00	0,74	0,74
17	14	0,15	15,59	0,00	0,65	0,50	67	14	0,15	13,50	0,00	0,65	0,49
17	15	0,11	12,87	0,00	0,60	0,37	67	15	0,39	9,33	0,23	0,75	0,76
17	16	0,12	14,09	0,00	0,61	0,41	67	16	0,17	14,99	0,00	0,67	0,55
17	17	0,11	13,20	0,00	0,59	0,35	67	17	0,05	18,29	0,00	0,52	0,17
17	18	0,14	15,96	0,00	0,63	0,45	67	18	0,21	12,23	0,00	0,73	0,69
17	19	0,13	15,63	0,00	0,62	0,42	67	19	0,10	16,90	0,00	0,58	0,33
17	20	0,06	18,42	0,00	0,53	0,20	67	20	0,17	16,55	0,00	0,68	0,57
17	21	0,27	10,87	0,04	0,76	0,78	67	21	0,10	16,48	0,00	0,58	0,33
17	22	0,07	14,57	0,00	0,55	0,25	67	22	0,11	15,12	0,00	0,60	0,37
17	23	0,11	11,55	0,00	0,60	0,38	67	23	0,10	15,33	0,00	0,59	0,35
17	24	0,07	13,71	0,00	0,55	0,24	67	24	0,21	14,17	0,00	0,73	0,69
17	25	0,06	16,71	0,00	0,54	0,21	67	25	0,11	15,89	0,00	0,59	0,36
17	26	0,18	13,59	0,00	0,69	0,60	67	26	0,16	12,46	0,00	0,67	0,54
17	27	0,00	23,14	0,00	0,45	0,00	67	27	0,22	11,76	0,00	0,75	0,74
17	28	0,21	13,33	0,00	0,72	0,68	67	28	0,15	15,75	0,00	0,65	0,49
17	29	0,09	17,41	0,00	0,58	0,32	67	29	0,08	18,74	0,00	0,56	0,28
17	30	0,12	15,72	0,00	0,61	0,40	67	30	0,13	15,99	0,00	0,62	0,42
18	1	0,16	14,29	0,00	0,66	0,52	68	1	0,16	13,05	0,00	0,66	0,53
18	2	0,04	15,40	0,00	0,51	0,15	68	2	0,21	10,41	0,11	0,62	0,42
18	3	0,09	11,76	0,00	0,57	0,29	68	3	0,16	15,89	0,00	0,66	0,52
18	4	0,18	15,19	0,00	0,69	0,60	68	4	0,08	19,99	0,00	0,56	0,27
18	5	0,11	16,75	0,00	0,60	0,37	68	5	0,19	18,27	0,00	0,71	0,64
18	6	0,19	13,14	0,00	0,70	0,63	68	6	0,34	9,35	0,13	0,78	0,81
18	7	0,13	15,31	0,00	0,63	0,45	68	7	0,17	15,46	0,00	0,68	0,57
18	8	0,15	16,27	0,00	0,65	0,50	68	8	0,08	16,83	0,00	0,55	0,25
18	9	0,09	15,67	0,00	0,57	0,31	68	9	0,37	9,50	0,18	0,77	0,80
18	10	0,12	20,08	0,00	0,61	0,39	68	10	0,21	12,88	0,00	0,74	0,71
18	11	0,21	14,28	0,00	0,73	0,71	68	11	0,20	15,97	0,00	0,72	0,67
18	12	0,18	15,01	0,00	0,69	0,61	68	12	0,14	15,65	0,00	0,64	0,48
18	13	0,04	19,43	0,00	0,50	0,13	68	13	0,08	16,34	0,00	0,56	0,28
18	14	0,18	12,12	0,00	0,69	0,59	68	14	0,11	16,68	0,00	0,60	0,38
18	15	0,38	8,88	0,22	0,75	0,74	68	15	0,27	10,16	0,12	0,70	0,61
18	16	0,23	9,43	0,11	0,66	0,51	68	16	0,09	18,86	0,00	0,57	0,29
18	17	0,05	18,21	0,00	0,51	0,16	68	17	0,17	14,35	0,00	0,68	0,58
18	18	0,10	14,36	0,00	0,59	0,34	68	18	0,05	16,41	0,00	0,51	0,15
18	19	0,18	13,46	0,00	0,69	0,60	68	19	0,17	16,98	0,00	0,68	0,57
18	20	0,09	17,81	0,00	0,57	0,31	68	20	0,14	18,58	0,00	0,64	0,48
18	21	0,22	14,43	0,00	0,74	0,72	68	21	0,18	11,08	0,00	0,69	0,59
18	22	0,13	18,08	0,00	0,62	0,42	68	22	0,15	13,35	0,00	0,65	0,51
18	23	0,13	11,95	0,01	0,62	0,41	68	23	0,05	16,08	0,00	0,51	0,16
18	24	0,21	13,83	0,00	0,72	0,68	68	24	0,08	17,41	0,00	0,55	0,26
18	25	0,07	13,65	0,00	0,54	0,23	68	25	0,12	13,25	0,00	0,61	0,39
18	26	0,15	12,24	0,00	0,65	0,50	68	26	0,20	11,49	0,00	0,71	0,66
18	27	0,07	14,71	0,00	0,55	0,24	68	27	0,11	13,31	0,00	0,59	0,35
18	28	0,12	16,10	0,00	0,60	0,39	68	28	0,12	11,01	0,00	0,61	0,40
18	29	0,22	10,81	0,00	0,74	0,73	68	29	0,15	11,69	0,00	0,65	0,49
18	30	0,17	12,66	0,00	0,68	0,58	68	30	0,10	15,60	0,00	0,58	0,33
19	1	0,19	18,07	0,00	0,70	0,63	69	1	0,17	12,38	0,00	0,68	0,57
19	2	0,14	13,71	0,00	0,64	0,47	69	2	0,11	13,74	0,00	0,59	0,36
19	3	0,11	15,73	0,00	0,60	0,38	69	3	0,16	16,25	0,00	0,66	0,52
19	4	0,25	12,79	0,00	0,78	0,83	69	4	0,15	17,57	0,00	0,65	0,49
19	5	0,19	13,07	0,00	0,70	0,63	69	5	0,07	18,23	0,00	0,54	0,24
19	6	0,15	14,05	0,00	0,65	0,50	69	6	0,17	11,94	0,00	0,68	0,58
19	7	0,14	14,85	0,00	0,64	0,46	69	7	0,15	17,02	0,00	0,66	0,52
19	8	0,36	9,34	0,23	0,73	0,69	69	8	0,19	16,20	0,00	0,70	0,62
19	9	0,21	10,24	0,10	0,64	0,48	69	9	0,64	6,72	0,58	0,75	0,76
19	10	0,15	11,84	0,00	0,65	0,51	69	10	0,15	18,20	0,00	0,65	0,51
19	11	0,01	16,97	0,00	0,46	0,02	69	11	0,16	17,11	0,00	0,67	0,54
19	12	0,10	14,75	0,00	0,58	0,33	69	12	0,18	12,91	0,00	0,69	0,61
19	13	0,11	13,18	0,00	0,60	0,37	69	13	0,06	15,68	0,00	0,53	0,19
19	14	0,16	11,89	0,00	0,66	0,53	69	14	0,11	13,13	0,00	0,59	0,35
19	15	0,18	11,75	0,00	0,69	0,61	69	15	0,20	16,25	0,00	0,71	0,66
19	16	0,22	10,33	0,07	0,67	0,56	69	16	0,15	12,35	0,00	0,65	0,50
19	17	0,13	16,83	0,00	0,63	0,44	69	17	0,04	18,19	0,00	0,51	0,15
19	18	0,14	16,30	0,00	0,63	0,45	69	18	0,21	12,98	0,00	0,73	0,71
19	19	0,15	14,98	0,00	0,65	0,51	69	19	0,14	15,55	0,00	0,64	0,46
19	20	0,24	11,15	0,00	0,77	0,80	69	20	0,16	16,41	0,00	0,67	0,54
19	21	0,15	12,94	0,00	0,66	0,52	69	21	0,07	16,07	0,00	0,55	0,25
19	22	0,10	15,52	0,00	0,58	0,33	69	22	0,23	14,46	0,00	0,76	0,77

19	23	0,48	8,53	0,31	0,80	0,88	69	23	0,13	14,72	0,00	0,63	0,44
19	24	0,23	11,04	0,04	0,72	0,67	69	24	0,16	15,05	0,00	0,66	0,53
19	25	0,06	19,26	0,00	0,53	0,21	69	25	0,12	15,54	0,00	0,61	0,39
19	26	0,09	14,51	0,00	0,58	0,31	69	26	0,15	15,15	0,00	0,66	0,51
19	27	0,18	14,82	0,00	0,70	0,62	69	27	0,12	17,78	0,00	0,61	0,41
19	28	0,01	17,28	0,00	0,46	0,02	69	28	0,06	20,07	0,00	0,53	0,20
19	29	0,15	17,37	0,00	0,65	0,51	69	29	0,19	13,31	0,00	0,71	0,65
19	30	0,19	16,13	0,00	0,70	0,62	69	30	0,25	11,12	0,00	0,78	0,83
20	1	0,12	11,69	0,00	0,61	0,41	70	1	0,17	15,03	0,00	0,68	0,58
20	2	0,36	8,79	0,24	0,71	0,65	70	2	0,11	15,09	0,00	0,60	0,38
20	3	0,20	11,85	0,00	0,72	0,68	70	3	0,83	6,11	0,78	0,83	0,96
20	4	0,85	5,97	0,81	0,84	0,97	70	4	0,11	12,04	0,00	0,60	0,37
20	5	0,22	14,06	0,00	0,74	0,73	70	5	0,18	17,09	0,00	0,69	0,59
20	6	0,13	11,83	0,00	0,62	0,43	70	6	0,24	12,98	0,00	0,77	0,81
20	7	0,24	13,75	0,00	0,77	0,81	70	7	0,16	14,56	0,00	0,67	0,54
20	8	0,11	14,41	0,00	0,60	0,37	70	8	0,10	15,68	0,00	0,59	0,34
20	9	0,12	17,21	0,00	0,61	0,40	70	9	0,10	13,81	0,00	0,58	0,33
20	10	0,00	16,44	0,00	0,45	0,01	70	10	0,33	9,19	0,17	0,72	0,69
20	11	0,10	15,62	0,00	0,59	0,35	70	11	0,25	13,26	0,00	0,78	0,82
20	12	0,08	20,62	0,00	0,56	0,28	70	12	0,16	11,33	0,00	0,66	0,53
20	13	0,13	13,29	0,00	0,62	0,42	70	13	0,09	16,67	0,00	0,57	0,31
20	14	0,23	15,34	0,00	0,75	0,75	70	14	0,05	19,18	0,00	0,52	0,18
20	15	0,12	14,78	0,00	0,61	0,40	70	15	0,12	11,01	0,00	0,61	0,40
20	16	0,21	12,59	0,00	0,73	0,70	70	16	0,07	17,74	0,00	0,54	0,23
20	17	0,13	15,90	0,00	0,63	0,44	70	17	0,12	14,10	0,00	0,61	0,39
20	18	0,17	13,84	0,00	0,68	0,58	70	18	0,11	16,19	0,00	0,60	0,37
20	19	0,08	15,02	0,00	0,56	0,28	70	19	0,16	13,51	0,00	0,66	0,53
20	20	0,24	15,59	0,00	0,77	0,80	70	20	0,73	6,88	0,61	0,87	1,00
20	21	0,19	14,32	0,00	0,70	0,62	70	21	0,08	20,06	0,00	0,55	0,26
20	22	0,06	19,07	0,00	0,53	0,21	70	22	0,21	10,53	0,00	0,72	0,68
20	23	0,05	18,08	0,00	0,51	0,16	70	23	0,02	15,47	0,00	0,48	0,08
20	24	0,21	13,53	0,00	0,72	0,68	70	24	0,25	11,73	0,00	0,78	0,82
20	25	0,11	17,72	0,00	0,60	0,37	70	25	0,18	14,25	0,00	0,69	0,61
20	26	0,10	14,21	0,00	0,58	0,33	70	26	0,15	14,99	0,00	0,65	0,49
20	27	0,13	12,53	0,00	0,63	0,44	70	27	0,15	14,32	0,00	0,65	0,51
20	28	0,19	12,03	0,00	0,71	0,64	70	28	0,09	12,66	0,00	0,56	0,29
20	29	0,24	15,75	0,00	0,76	0,78	70	29	0,30	12,32	0,00	0,85	1,00
20	30	0,10	17,79	0,00	0,59	0,34	70	30	0,18	16,30	0,00	0,69	0,60
21	1	0,12	16,07	0,00	0,62	0,42	71	1	0,20	13,49	0,00	0,71	0,65
21	2	0,02	15,54	0,00	0,48	0,08	71	2	0,14	12,36	0,00	0,64	0,46
21	3	0,16	16,71	0,00	0,67	0,54	71	3	0,22	13,77	0,00	0,74	0,73
21	4	0,26	11,93	0,00	0,79	0,86	71	4	0,13	19,19	0,00	0,62	0,43
21	5	0,20	12,08	0,00	0,72	0,68	71	5	0,11	15,13	0,00	0,59	0,35
21	6	0,18	17,41	0,00	0,69	0,61	71	6	0,07	15,40	0,00	0,54	0,22
21	7	0,15	13,75	0,00	0,66	0,51	71	7	0,09	13,14	0,00	0,57	0,30
21	8	0,14	11,07	0,00	0,64	0,46	71	8	0,12	13,12	0,00	0,61	0,41
21	9	0,07	13,27	0,00	0,54	0,23	71	9	0,13	15,91	0,00	0,63	0,44
21	10	0,23	14,45	0,00	0,76	0,77	71	10	0,12	15,51	0,00	0,61	0,39
21	11	0,79	5,90	0,82	0,74	0,73	71	11	0,27	10,43	0,17	0,65	0,50
21	12	0,14	16,42	0,00	0,63	0,45	71	12	0,12	16,07	0,00	0,62	0,42
21	13	0,11	13,31	0,00	0,59	0,35	71	13	0,16	14,28	0,00	0,67	0,55
21	14	0,17	10,93	0,00	0,68	0,57	71	14	0,09	17,64	0,00	0,57	0,30
21	15	0,15	16,53	0,00	0,65	0,51	71	15	0,27	10,32	0,10	0,72	0,67
21	16	0,06	19,63	0,00	0,53	0,20	71	16	0,22	11,65	0,05	0,70	0,63
21	17	0,17	12,92	0,00	0,68	0,57	71	17	0,11	16,22	0,00	0,59	0,36
21	18	0,18	12,88	0,00	0,69	0,61	71	18	0,18	15,51	0,00	0,69	0,60
21	19	0,06	16,56	0,00	0,53	0,20	71	19	0,14	18,41	0,00	0,63	0,46
21	20	0,12	16,38	0,00	0,61	0,41	71	20	0,22	13,99	0,00	0,74	0,72
21	21	0,11	12,81	0,00	0,60	0,37	71	21	0,17	13,28	0,00	0,67	0,55
21	22	0,10	15,91	0,00	0,59	0,34	71	22	0,11	16,97	0,00	0,60	0,37
21	23	0,15	13,00	0,00	0,65	0,49	71	23	0,39	8,86	0,29	0,70	0,63
21	24	0,17	14,64	0,00	0,67	0,55	71	24	0,18	16,90	0,00	0,69	0,59
21	25	0,13	15,54	0,00	0,62	0,42	71	25	0,10	14,90	0,00	0,58	0,33
21	26	0,16	14,68	0,00	0,67	0,55	71	26	0,11	17,18	0,00	0,59	0,35
21	27	0,03	19,01	0,00	0,49	0,09	71	27	0,07	16,46	0,00	0,54	0,23
21	28	0,21	13,54	0,00	0,72	0,69	71	28	0,17	15,52	0,00	0,67	0,55
21	29	0,18	12,77	0,00	0,69	0,60	71	29	0,20	13,21	0,00	0,71	0,66
21	30	0,16	13,44	0,00	0,67	0,54	71	30	0,24	10,33	0,05	0,72	0,68
22	1	0,14	15,85	0,00	0,63	0,46	72	1	0,14	17,73	0,00	0,64	0,48
22	2	0,21	12,29	0,00	0,73	0,69	72	2	0,10	18,43	0,00	0,59	0,35
22	3	0,14	12,51	0,00	0,64	0,48	72	3	0,16	16,11	0,00	0,67	0,55
22	4	0,37	10,97	0,11	0,84	0,98	72	4	0,19	13,38	0,00	0,70	0,62
22	5	0,15	14,73	0,00	0,65	0,50	72	5	0,19	13,44	0,00	0,71	0,65
22	6	0,05	15,49	0,00	0,52	0,17	72	6	0,12	14,90	0,00	0,61	0,40
22	7	0,11	15,64	0,00	0,60	0,36	72	7	0,15	14,22	0,00	0,64	0,49
22	8	0,15	13,51	0,00	0,65	0,49	72	8	0,10	14,73	0,00	0,58	0,33
22	9	0,11	12,46	0,00	0,60	0,38	72	9	0,19	16,01	0,00	0,71	0,64
22	10	0,15	16,32	0,00	0,65	0,50	72	10	0,17	13,84	0,00	0,67	0,55
22	11	0,13	15,20	0,00	0,62	0,43	72	11	0,11	13,51	0,00	0,60	0,37
22	12	0,19	14,06	0,00	0,70	0,63	72	12	0,18	14,16	0,00	0,69	0,60
22	13	0,10	13,36	0,00	0,59	0,34	72	13	0,23	12,35	0,00	0,76	0,77

22	14	0,21	13,47	0,00	0,73	0,70	72	14	0,07	14,94	0,00	0,54	0,22
22	15	0,13	15,23	0,00	0,63	0,44	72	15	0,17	14,95	0,00	0,67	0,55
22	16	0,00	17,20	0,00	0,44	0,00	72	16	0,16	14,40	0,00	0,67	0,55
22	17	0,18	12,72	0,00	0,70	0,62	72	17	0,16	14,23	0,00	0,66	0,52
22	18	0,17	15,49	0,00	0,68	0,57	72	18	0,21	15,36	0,00	0,73	0,70
22	19	0,20	12,85	0,00	0,72	0,68	72	19	0,17	15,97	0,00	0,67	0,55
22	20	0,32	10,80	0,20	0,68	0,57	72	20	0,21	10,59	0,00	0,73	0,70
22	21	0,23	13,85	0,00	0,75	0,76	72	21	0,07	16,69	0,00	0,55	0,25
22	22	0,13	17,94	0,00	0,62	0,42	72	22	0,15	14,45	0,00	0,65	0,51
22	23	0,10	16,21	0,00	0,58	0,33	72	23	0,21	13,61	0,00	0,73	0,71
22	24	0,05	14,27	0,00	0,51	0,16	72	24	0,25	10,47	0,02	0,77	0,80
22	25	0,12	12,62	0,00	0,61	0,41	72	25	0,15	12,67	0,00	0,65	0,50
22	26	0,08	18,49	0,00	0,56	0,28	72	26	0,12	13,44	0,00	0,62	0,41
22	27	0,19	10,41	0,03	0,68	0,57	72	27	0,21	10,65	0,02	0,71	0,65
22	28	0,00	20,44	0,00	0,44	0,00	72	28	0,19	15,80	0,00	0,71	0,64
22	29	0,18	13,00	0,00	0,69	0,59	72	29	0,15	15,80	0,00	0,65	0,51
22	30	0,10	13,99	0,00	0,59	0,34	72	30	0,08	14,74	0,00	0,56	0,28
23	1	0,18	13,43	0,00	0,69	0,60	73	1	0,05	19,05	0,00	0,51	0,16
23	2	0,18	16,16	0,00	0,69	0,60	73	2	0,09	13,46	0,00	0,57	0,31
23	3	0,14	17,83	0,00	0,64	0,48	73	3	0,17	15,12	0,00	0,67	0,56
23	4	0,58	7,82	0,43	0,83	0,94	73	4	0,14	13,03	0,00	0,64	0,48
23	5	0,14	15,50	0,00	0,63	0,45	73	5	0,07	19,29	0,00	0,54	0,22
23	6	0,05	19,69	0,00	0,52	0,17	73	6	0,21	13,15	0,00	0,74	0,71
23	7	0,10	13,85	0,00	0,59	0,34	73	7	0,20	12,92	0,00	0,71	0,65
23	8	0,23	12,63	0,00	0,76	0,77	73	8	0,21	14,37	0,00	0,73	0,70
23	9	0,11	15,42	0,00	0,60	0,37	73	9	0,21	10,28	0,06	0,67	0,56
23	10	0,20	13,08	0,00	0,72	0,66	73	10	0,26	10,84	0,02	0,78	0,82
23	11	0,16	13,54	0,00	0,66	0,53	73	11	0,11	17,44	0,00	0,60	0,37
23	12	0,11	15,27	0,00	0,59	0,35	73	12	0,14	13,19	0,00	0,64	0,48
23	13	0,13	15,04	0,00	0,62	0,44	73	13	0,19	14,76	0,00	0,70	0,63
23	14	0,08	17,74	0,00	0,56	0,26	73	14	0,11	17,96	0,00	0,60	0,37
23	15	0,05	16,45	0,00	0,51	0,16	73	15	0,14	16,42	0,00	0,63	0,46
23	16	0,12	15,59	0,00	0,61	0,40	73	16	0,23	10,11	0,03	0,73	0,71
23	17	0,09	17,44	0,00	0,57	0,31	73	17	0,25	10,37	0,04	0,76	0,76
23	18	0,20	12,60	0,00	0,72	0,67	73	18	0,31	9,66	0,12	0,75	0,74
23	19	0,14	16,31	0,00	0,63	0,46	73	19	0,14	15,89	0,00	0,64	0,48
23	20	0,15	11,97	0,00	0,65	0,50	73	20	0,17	13,84	0,00	0,68	0,58
23	21	0,19	12,15	0,00	0,71	0,65	73	21	0,14	13,58	0,00	0,63	0,46
23	22	0,09	15,63	0,00	0,57	0,29	73	22	0,06	15,76	0,00	0,53	0,19
23	23	0,12	12,38	0,00	0,61	0,39	73	23	0,13	13,60	0,00	0,62	0,43
23	24	0,08	15,91	0,00	0,56	0,27	73	24	0,20	13,57	0,00	0,72	0,68
23	25	0,17	13,38	0,00	0,67	0,56	73	25	0,12	12,40	0,00	0,61	0,40
23	26	0,22	15,30	0,00	0,74	0,72	73	26	0,08	16,78	0,00	0,56	0,28
23	27	0,14	13,08	0,00	0,63	0,45	73	27	0,10	13,04	0,00	0,59	0,35
23	28	0,29	9,60	0,12	0,73	0,71	73	28	0,20	12,56	0,00	0,72	0,67
23	29	0,24	15,03	0,00	0,77	0,80	73	29	0,15	14,98	0,00	0,65	0,49
23	30	0,16	16,02	0,00	0,66	0,53	73	30	0,22	11,63	0,00	0,74	0,72
24	1	0,07	16,82	0,00	0,55	0,25	74	1	0,32	9,89	0,13	0,75	0,75
24	2	0,13	18,35	0,00	0,63	0,45	74	2	0,15	12,97	0,00	0,65	0,50
24	3	0,19	15,60	0,00	0,71	0,65	74	3	0,23	10,41	0,00	0,76	0,78
24	4	0,05	20,25	0,00	0,52	0,16	74	4	0,17	13,03	0,00	0,68	0,57
24	5	0,11	12,62	0,00	0,59	0,35	74	5	0,16	12,04	0,00	0,66	0,53
24	6	0,14	14,50	0,00	0,64	0,46	74	6	0,10	15,89	0,00	0,58	0,33
24	7	0,23	10,78	0,00	0,75	0,76	74	7	0,19	12,79	0,00	0,71	0,64
24	8	0,21	14,03	0,00	0,73	0,71	74	8	0,30	11,06	0,03	0,83	0,95
24	9	0,25	11,12	0,00	0,78	0,83	74	9	0,19	18,47	0,00	0,70	0,63
24	10	0,13	14,05	0,00	0,62	0,42	74	10	0,15	12,00	0,00	0,65	0,51
24	11	0,09	17,53	0,00	0,57	0,30	74	11	0,07	16,39	0,00	0,54	0,22
24	12	0,20	13,74	0,00	0,72	0,67	74	12	0,14	14,27	0,00	0,64	0,48
24	13	0,18	13,92	0,00	0,69	0,61	74	13	0,11	13,19	0,00	0,59	0,35
24	14	0,12	15,76	0,00	0,61	0,39	74	14	0,05	18,72	0,00	0,51	0,16
24	15	0,07	15,51	0,00	0,55	0,24	74	15	0,04	15,30	0,00	0,51	0,14
24	16	0,15	14,13	0,00	0,65	0,51	74	16	0,58	7,52	0,50	0,76	0,78
24	17	0,14	13,39	0,00	0,64	0,47	74	17	0,19	13,53	0,00	0,71	0,64
24	18	0,33	10,23	0,14	0,76	0,79	74	18	0,22	11,83	0,01	0,73	0,69
24	19	0,13	16,82	0,00	0,62	0,43	74	19	0,06	13,97	0,00	0,53	0,20
24	20	0,16	15,47	0,00	0,67	0,54	74	20	0,27	12,76	0,00	0,80	0,88
24	21	0,09	16,82	0,00	0,57	0,30	74	21	0,18	12,94	0,00	0,69	0,59
24	22	0,05	20,73	0,00	0,51	0,16	74	22	0,16	12,59	0,00	0,66	0,52
24	23	0,00	22,67	0,00	0,45	0,01	74	23	0,09	16,98	0,00	0,57	0,31
24	24	0,08	14,06	0,00	0,56	0,27	74	24	0,20	10,75	0,00	0,72	0,66
24	25	0,09	15,06	0,00	0,57	0,31	74	25	0,11	18,09	0,00	0,60	0,36
24	26	0,25	9,54	0,09	0,70	0,63	74	26	0,11	14,80	0,00	0,59	0,35
24	27	0,18	10,10	0,03	0,67	0,54	74	27	0,15	15,41	0,00	0,65	0,49
24	28	0,07	12,53	0,00	0,54	0,23	74	28	0,22	13,55	0,00	0,74	0,74
24	29	0,05	19,67	0,00	0,52	0,18	74	29	0,25	11,73	0,00	0,78	0,82
24	30	0,00	21,50	0,00	0,41	0,00	74	30	0,38	10,29	0,22	0,75	0,76
25	1	0,17	12,62	0,00	0,67	0,55	75	1	0,11	16,15	0,00	0,59	0,36
25	2	0,04	17,97	0,00	0,50	0,13	75	2	0,14	13,41	0,00	0,64	0,47
25	3	0,19	16,13	0,00	0,70	0,62	75	3	0,10	16,43	0,00	0,59	0,35
25	4	0,00	16,94	0,00	0,46	0,02	75	4	0,11	11,45	0,00	0,60	0,38

25	5	0,14	14,80	0,00	0,63	0,46	75	5	0,12	17,81	0,00	0,61	0,41
25	6	0,05	19,05	0,00	0,51	0,16	75	6	0,10	18,62	0,00	0,59	0,35
25	7	0,18	17,25	0,00	0,69	0,60	75	7	0,15	15,33	0,00	0,65	0,49
25	8	0,08	18,22	0,00	0,56	0,27	75	8	0,47	8,27	0,35	0,75	0,75
25	9	0,11	14,78	0,00	0,60	0,37	75	9	0,19	12,28	0,00	0,70	0,63
25	10	0,14	13,56	0,00	0,64	0,47	75	10	0,06	18,66	0,00	0,52	0,19
25	11	0,19	14,42	0,00	0,70	0,63	75	11	0,18	14,55	0,00	0,69	0,61
25	12	0,10	18,26	0,00	0,59	0,34	75	12	0,15	13,75	0,00	0,64	0,48
25	13	0,20	13,91	0,00	0,71	0,65	75	13	0,12	16,84	0,00	0,62	0,41
25	14	0,12	15,75	0,00	0,61	0,41	75	14	0,26	9,60	0,09	0,71	0,66
25	15	0,14	14,27	0,00	0,64	0,48	75	15	0,14	14,30	0,00	0,63	0,46
25	16	0,14	15,28	0,00	0,63	0,46	75	16	0,13	15,85	0,00	0,63	0,44
25	17	0,18	15,86	0,00	0,68	0,58	75	17	0,22	10,81	0,08	0,67	0,56
25	18	0,10	18,24	0,00	0,58	0,32	75	18	0,18	12,08	0,02	0,67	0,54
25	19	0,09	18,44	0,00	0,56	0,29	75	19	0,12	18,74	0,00	0,61	0,41
25	20	0,07	18,38	0,00	0,54	0,22	75	20	0,12	15,39	0,00	0,61	0,39
25	21	0,05	18,18	0,00	0,52	0,17	75	21	0,24	13,24	0,00	0,76	0,79
25	22	0,16	14,43	0,00	0,66	0,53	75	22	0,11	14,27	0,00	0,59	0,35
25	23	0,00	19,27	0,00	0,45	0,00	75	23	0,12	11,94	0,00	0,61	0,41
25	24	0,10	15,40	0,00	0,58	0,34	75	24	0,16	12,03	0,00	0,67	0,55
25	25	0,13	17,00	0,00	0,62	0,43	75	25	0,13	13,36	0,00	0,62	0,42
25	26	0,10	16,61	0,00	0,59	0,34	75	26	0,19	12,02	0,00	0,70	0,62
25	27	0,17	12,60	0,00	0,68	0,58	75	27	0,13	12,65	0,00	0,63	0,45
25	28	0,06	14,48	0,00	0,53	0,20	75	28	0,07	13,86	0,00	0,55	0,24
25	29	0,08	18,83	0,00	0,56	0,27	75	29	0,14	12,95	0,00	0,64	0,46
25	30	0,07	16,78	0,00	0,55	0,25	75	30	0,09	14,31	0,00	0,56	0,28
26	1	0,13	13,18	0,00	0,62	0,43	76	1	0,21	14,12	0,00	0,73	0,69
26	2	0,12	14,23	0,00	0,62	0,41	76	2	0,37	9,35	0,23	0,72	0,69
26	3	0,14	12,31	0,00	0,63	0,45	76	3	0,18	15,19	0,00	0,69	0,60
26	4	0,16	14,43	0,00	0,66	0,53	76	4	0,08	18,39	0,00	0,55	0,26
26	5	0,11	15,67	0,00	0,59	0,36	76	5	0,90	5,37	0,86	0,88	1,00
26	6	0,04	14,80	0,00	0,50	0,12	76	6	0,24	11,64	0,00	0,77	0,81
26	7	0,15	12,42	0,00	0,65	0,51	76	7	0,18	14,65	0,00	0,69	0,61
26	8	0,26	11,80	0,00	0,79	0,85	76	8	0,21	11,72	0,00	0,73	0,69
26	9	0,11	14,34	0,00	0,60	0,38	76	9	0,28	11,32	0,00	0,82	0,93
26	10	0,15	15,28	0,00	0,65	0,49	76	10	0,22	11,64	0,02	0,73	0,69
26	11	0,12	15,07	0,00	0,62	0,41	76	11	0,13	14,34	0,00	0,63	0,45
26	12	0,26	10,85	0,00	0,80	0,87	76	12	0,16	14,90	0,00	0,66	0,53
26	13	0,09	17,70	0,00	0,57	0,31	76	13	0,04	15,90	0,00	0,51	0,14
26	14	0,12	15,92	0,00	0,62	0,42	76	14	0,11	18,68	0,00	0,60	0,38
26	15	0,07	17,99	0,00	0,55	0,24	76	15	0,20	9,71	0,09	0,63	0,45
26	16	0,33	9,55	0,10	0,80	0,88	76	16	0,31	9,49	0,13	0,74	0,73
26	17	0,25	13,20	0,00	0,78	0,82	76	17	0,17	11,08	0,00	0,67	0,55
26	18	0,03	15,34	0,00	0,48	0,08	76	18	0,11	15,95	0,00	0,59	0,35
26	19	0,17	13,66	0,00	0,68	0,56	76	19	0,13	17,73	0,00	0,62	0,42
26	20	0,12	15,52	0,00	0,61	0,40	76	20	0,16	16,54	0,00	0,67	0,55
26	21	0,07	16,76	0,00	0,55	0,24	76	21	0,11	18,94	0,00	0,60	0,37
26	22	0,06	17,68	0,00	0,53	0,20	76	22	0,12	14,79	0,00	0,61	0,41
26	23	0,08	17,77	0,00	0,55	0,25	76	23	0,11	14,74	0,00	0,60	0,37
26	24	0,12	14,06	0,00	0,61	0,40	76	24	0,12	15,75	0,00	0,61	0,39
26	25	0,11	15,75	0,00	0,60	0,37	76	25	0,15	15,85	0,00	0,65	0,50
26	26	0,15	12,17	0,00	0,65	0,50	76	26	0,16	15,24	0,00	0,66	0,53
26	27	0,04	20,39	0,00	0,50	0,12	76	27	0,03	16,03	0,00	0,49	0,11
26	28	0,17	16,54	0,00	0,68	0,57	76	28	0,04	19,61	0,00	0,50	0,13
26	29	0,16	16,59	0,00	0,66	0,53	76	29	0,17	13,03	0,00	0,68	0,57
26	30	0,30	11,83	0,00	0,85	1,00	76	30	0,18	16,08	0,00	0,70	0,62
27	1	0,08	16,12	0,00	0,55	0,26	77	1	0,22	13,35	0,00	0,74	0,72
27	2	0,13	13,28	0,00	0,62	0,43	77	2	0,12	13,69	0,00	0,61	0,39
27	3	0,12	16,58	0,00	0,60	0,39	77	3	0,14	11,95	0,00	0,64	0,47
27	4	0,22	12,66	0,00	0,74	0,74	77	4	0,11	14,11	0,00	0,60	0,38
27	5	0,12	16,67	0,00	0,60	0,39	77	5	0,17	16,92	0,00	0,68	0,57
27	6	0,16	11,83	0,00	0,67	0,55	77	6	0,15	16,42	0,00	0,65	0,50
27	7	0,26	14,32	0,00	0,79	0,86	77	7	0,11	18,08	0,00	0,60	0,38
27	8	0,30	12,58	0,00	0,85	1,00	77	8	0,24	12,11	0,07	0,71	0,64
27	9	0,09	15,18	0,00	0,58	0,32	77	9	0,10	13,07	0,00	0,59	0,34
27	10	0,03	16,66	0,00	0,49	0,10	77	10	0,11	15,96	0,00	0,60	0,38
27	11	0,09	16,92	0,00	0,57	0,30	77	11	0,09	13,23	0,00	0,57	0,30
27	12	0,09	17,29	0,00	0,57	0,31	77	12	0,14	16,88	0,00	0,64	0,46
27	13	0,02	18,87	0,00	0,47	0,05	77	13	0,05	15,36	0,00	0,52	0,17
27	14	0,12	13,46	0,00	0,61	0,39	77	14	0,16	15,99	0,00	0,67	0,54
27	15	0,15	10,75	0,00	0,64	0,49	77	15	0,05	15,18	0,00	0,52	0,18
27	16	0,20	11,27	0,00	0,72	0,67	77	16	0,11	14,07	0,00	0,60	0,38
27	17	0,17	14,85	0,00	0,67	0,56	77	17	0,12	15,86	0,00	0,61	0,39
27	18	0,12	15,43	0,00	0,61	0,40	77	18	0,12	14,25	0,00	0,60	0,39
27	19	0,22	12,40	0,00	0,75	0,75	77	19	0,15	14,78	0,00	0,65	0,51
27	20	0,09	17,64	0,00	0,56	0,29	77	20	0,20	16,36	0,00	0,72	0,67
27	21	0,21	13,50	0,00	0,73	0,69	77	21	0,40	9,08	0,25	0,75	0,74
27	22	0,20	10,92	0,00	0,72	0,67	77	22	0,11	13,92	0,00	0,60	0,36
27	23	0,16	16,11	0,00	0,67	0,54	77	23	0,16	15,57	0,00	0,66	0,54
27	24	0,15	12,03	0,00	0,65	0,51	77	24	0,18	11,78	0,00	0,69	0,60
27	25	0,17	15,39	0,00	0,67	0,56	77	25	0,05	18,24	0,00	0,52	0,17

27	26	0,44	8,17	0,37	0,70	0,63	77	26	0,11	11,80	0,00	0,60	0,37
27	27	0,21	10,97	0,00	0,72	0,69	77	27	0,12	13,13	0,00	0,61	0,39
27	28	0,19	12,79	0,00	0,71	0,64	77	28	0,14	15,42	0,00	0,64	0,46
27	29	0,14	12,78	0,00	0,64	0,47	77	29	0,26	11,66	0,00	0,79	0,85
27	30	0,13	14,16	0,00	0,63	0,44	77	30	0,19	11,58	0,04	0,67	0,55
28	1	0,12	14,75	0,00	0,61	0,40	78	1	0,15	13,31	0,00	0,66	0,51
28	2	0,03	16,95	0,00	0,50	0,11	78	2	0,24	11,03	0,02	0,75	0,75
28	3	0,24	10,53	0,00	0,77	0,81	78	3	0,16	15,00	0,00	0,66	0,53
28	4	0,23	13,86	0,00	0,75	0,76	78	4	0,32	9,85	0,19	0,70	0,61
28	5	0,08	15,66	0,00	0,55	0,26	78	5	0,15	13,27	0,00	0,65	0,49
28	6	0,20	12,39	0,00	0,72	0,68	78	6	0,01	17,44	0,00	0,47	0,05
28	7	0,35	9,27	0,19	0,74	0,72	78	7	0,17	16,62	0,00	0,67	0,56
28	8	0,11	12,32	0,00	0,59	0,35	78	8	0,17	12,27	0,00	0,68	0,57
28	9	0,18	15,33	0,00	0,69	0,59	78	9	0,15	14,11	0,00	0,65	0,51
28	10	0,13	17,41	0,00	0,62	0,42	78	10	0,20	11,29	0,01	0,71	0,66
28	11	0,15	13,05	0,00	0,65	0,49	78	11	0,15	14,06	0,00	0,65	0,50
28	12	0,16	14,33	0,00	0,66	0,53	78	12	0,11	12,55	0,00	0,59	0,36
28	13	0,15	15,33	0,00	0,65	0,50	78	13	0,19	14,60	0,00	0,71	0,65
28	14	0,29	10,61	0,16	0,69	0,60	78	14	0,39	9,04	0,21	0,78	0,82
28	15	0,13	16,91	0,00	0,63	0,44	78	15	0,17	16,04	0,00	0,68	0,57
28	16	0,17	15,96	0,00	0,67	0,56	78	16	0,11	15,01	0,00	0,59	0,35
28	17	0,14	15,54	0,00	0,63	0,46	78	17	0,24	12,77	0,00	0,77	0,80
28	18	0,08	16,19	0,00	0,55	0,26	78	18	0,09	17,74	0,00	0,57	0,29
28	19	0,17	12,58	0,00	0,68	0,58	78	19	0,13	16,22	0,00	0,63	0,45
28	20	0,13	12,22	0,00	0,63	0,44	78	20	0,15	16,57	0,00	0,65	0,51
28	21	0,13	14,05	0,00	0,62	0,42	78	21	0,13	12,79	0,00	0,62	0,43
28	22	0,20	10,79	0,00	0,71	0,66	78	22	0,11	13,34	0,00	0,60	0,37
28	23	0,06	15,14	0,00	0,54	0,21	78	23	0,17	16,99	0,00	0,68	0,57
28	24	0,14	11,73	0,01	0,63	0,45	78	24	0,18	13,16	0,00	0,69	0,60
28	25	0,11	13,09	0,00	0,60	0,37	78	25	0,17	15,10	0,00	0,68	0,57
28	26	0,19	12,44	0,00	0,70	0,63	78	26	0,11	12,41	0,00	0,60	0,36
28	27	0,10	15,83	0,00	0,58	0,33	78	27	0,18	12,49	0,00	0,70	0,62
28	28	0,09	14,47	0,00	0,57	0,31	78	28	0,01	20,84	0,00	0,46	0,03
28	29	0,25	10,71	0,04	0,76	0,77	78	29	0,18	16,96	0,00	0,69	0,61
28	30	0,16	18,89	0,00	0,66	0,52	78	30	0,27	11,76	0,00	0,82	0,91
29	1	0,19	14,04	0,00	0,71	0,64	79	1	0,23	14,00	0,00	0,76	0,78
29	2	0,07	16,19	0,00	0,55	0,24	79	2	0,17	13,14	0,00	0,68	0,57
29	3	0,09	17,63	0,00	0,56	0,28	79	3	0,11	16,53	0,00	0,60	0,37
29	4	0,16	12,31	0,00	0,66	0,53	79	4	0,23	11,99	0,00	0,75	0,76
29	5	0,12	16,38	0,00	0,61	0,41	79	5	0,16	16,59	0,00	0,66	0,53
29	6	0,18	15,27	0,00	0,69	0,60	79	6	0,14	14,98	0,00	0,64	0,47
29	7	0,08	16,00	0,00	0,56	0,28	79	7	0,29	9,32	0,14	0,71	0,65
29	8	0,15	16,61	0,00	0,65	0,50	79	8	0,22	10,33	0,07	0,67	0,56
29	9	0,16	15,20	0,00	0,67	0,54	79	9	0,38	9,12	0,19	0,78	0,83
29	10	0,19	12,52	0,00	0,71	0,64	79	10	0,11	13,13	0,00	0,60	0,38
29	11	0,15	15,49	0,00	0,65	0,50	79	11	0,18	14,36	0,00	0,69	0,61
29	12	0,08	14,73	0,00	0,56	0,26	79	12	0,20	12,08	0,00	0,71	0,66
29	13	0,06	15,83	0,00	0,53	0,20	79	13	0,00	23,85	0,00	0,42	0,00
29	14	0,08	15,86	0,00	0,56	0,27	79	14	0,26	12,67	0,00	0,79	0,86
29	15	0,28	11,49	0,06	0,76	0,78	79	15	0,08	15,73	0,00	0,55	0,26
29	16	0,17	13,13	0,00	0,68	0,57	79	16	0,03	16,84	0,00	0,49	0,10
29	17	0,17	12,66	0,00	0,68	0,58	79	17	0,13	12,71	0,00	0,62	0,43
29	18	0,04	15,90	0,00	0,51	0,15	79	18	0,22	15,99	0,00	0,74	0,73
29	19	0,16	16,25	0,00	0,66	0,52	79	19	0,15	15,68	0,00	0,65	0,51
29	20	0,27	12,74	0,00	0,81	0,89	79	20	0,53	7,77	0,45	0,73	0,71
29	21	0,12	15,65	0,00	0,60	0,39	79	21	0,07	16,44	0,00	0,55	0,24
29	22	0,22	15,37	0,00	0,74	0,74	79	22	0,08	14,87	0,00	0,55	0,25
29	23	0,10	17,13	0,00	0,59	0,34	79	23	0,03	16,86	0,00	0,49	0,11
29	24	0,04	19,16	0,00	0,50	0,13	79	24	0,20	10,89	0,06	0,66	0,51
29	25	0,11	13,92	0,00	0,60	0,36	79	25	0,17	12,58	0,00	0,68	0,57
29	26	0,12	15,90	0,00	0,62	0,42	79	26	0,10	13,77	0,00	0,59	0,34
29	27	0,11	16,87	0,00	0,60	0,38	79	27	0,15	16,29	0,00	0,65	0,49
29	28	0,11	17,36	0,00	0,59	0,35	79	28	0,12	17,60	0,00	0,61	0,39
29	29	0,18	14,25	0,00	0,69	0,61	79	29	0,22	13,57	0,00	0,75	0,74
29	30	0,42	8,45	0,38	0,66	0,53	79	30	0,06	17,08	0,00	0,53	0,20
30	1	0,19	14,95	0,00	0,71	0,64	80	1	0,22	10,56	0,05	0,69	0,61
30	2	0,12	11,54	0,00	0,61	0,40	80	2	0,12	13,01	0,00	0,61	0,40
30	3	0,00	22,94	0,00	0,35	0,00	80	3	0,17	11,95	0,00	0,68	0,57
30	4	0,18	12,33	0,00	0,69	0,61	80	4	0,22	13,04	0,00	0,74	0,72
30	5	0,22	13,09	0,00	0,74	0,72	80	5	0,18	13,51	0,00	0,69	0,61
30	6	0,19	14,51	0,00	0,70	0,62	80	6	0,16	12,99	0,00	0,67	0,54
30	7	0,12	13,58	0,00	0,61	0,39	80	7	0,14	17,27	0,00	0,63	0,45
30	8	0,06	14,39	0,00	0,53	0,20	80	8	0,06	17,55	0,00	0,53	0,20
30	9	0,19	12,19	0,00	0,70	0,63	80	9	0,15	15,00	0,00	0,64	0,49
30	10	0,23	14,83	0,00	0,76	0,77	80	10	0,16	15,62	0,00	0,66	0,52
30	11	0,17	13,09	0,00	0,68	0,58	80	11	0,28	10,18	0,07	0,75	0,75
30	12	0,18	13,36	0,00	0,68	0,59	80	12	0,20	12,67	0,01	0,71	0,65
30	13	0,07	13,03	0,00	0,55	0,25	80	13	0,18	13,25	0,00	0,69	0,61
30	14	0,12	17,04	0,00	0,61	0,41	80	14	0,21	11,51	0,00	0,72	0,68
30	15	0,15	14,99	0,00	0,65	0,51	80	15	0,16	15,37	0,00	0,67	0,54
30	16	0,11	19,55	0,00	0,59	0,36	80	16	0,21	12,63	0,00	0,74	0,71



30	17	0,73	6,91	0,62	0,95	1,00	80	17	0,16	12,66	0,00	0,66	0,52
30	18	0,25	9,89	0,08	0,71	0,65	80	18	0,03	19,06	0,00	0,48	0,08
30	19	0,11	14,41	0,00	0,60	0,37	80	19	0,25	10,39	0,02	0,76	0,79
30	20	0,22	13,35	0,00	0,74	0,72	80	20	0,15	13,19	0,00	0,64	0,49
30	21	0,03	19,20	0,00	0,49	0,11	80	21	0,21	14,69	0,00	0,73	0,70
30	22	0,08	13,02	0,00	0,56	0,28	80	22	0,22	14,34	0,00	0,74	0,73
30	23	0,15	12,89	0,00	0,65	0,51	80	23	0,15	12,90	0,00	0,65	0,49
30	24	0,28	9,79	0,11	0,73	0,69	80	24	0,26	9,85	0,03	0,76	0,77
30	25	0,10	14,99	0,00	0,59	0,34	80	25	0,19	15,05	0,00	0,71	0,64
30	26	0,14	15,49	0,00	0,64	0,47	80	26	0,06	16,23	0,00	0,53	0,19
30	27	0,12	14,78	0,00	0,61	0,41	80	27	0,16	16,62	0,00	0,67	0,54
30	28	0,13	17,72	0,00	0,62	0,43	80	28	0,21	12,59	0,00	0,73	0,70
30	29	0,16	16,49	0,00	0,66	0,54	80	29	0,22	15,46	0,00	0,74	0,72
30	30	0,06	15,95	0,00	0,53	0,20	80	30	0,08	13,09	0,00	0,55	0,25
31	1	0,11	14,16	0,00	0,60	0,37	81	1	0,20	11,91	0,00	0,72	0,67
31	2	0,06	18,33	0,00	0,54	0,21	81	2	0,08	16,11	0,00	0,56	0,28
31	3	0,10	13,68	0,00	0,58	0,34	81	3	0,22	12,01	0,00	0,74	0,74
31	4	0,22	12,56	0,00	0,75	0,75	81	4	0,10	16,11	0,00	0,58	0,34
31	5	0,13	15,38	0,00	0,62	0,43	81	5	0,18	12,79	0,00	0,68	0,58
31	6	0,08	18,76	0,00	0,55	0,26	81	6	0,05	14,97	0,00	0,52	0,16
31	7	0,16	13,08	0,00	0,66	0,54	81	7	0,10	16,60	0,00	0,58	0,32
31	8	0,18	16,11	0,00	0,69	0,59	81	8	0,11	15,55	0,00	0,60	0,37
31	9	0,21	14,05	0,00	0,72	0,69	81	9	0,14	17,15	0,00	0,63	0,46
31	10	0,19	12,79	0,00	0,71	0,64	81	10	0,10	14,97	0,00	0,58	0,32
31	11	0,22	11,46	0,00	0,74	0,73	81	11	0,13	15,80	0,00	0,63	0,45
31	12	0,16	12,91	0,00	0,67	0,55	81	12	0,18	13,30	0,00	0,69	0,61
31	13	0,10	13,44	0,00	0,58	0,32	81	13	0,07	15,46	0,00	0,54	0,23
31	14	0,14	13,96	0,00	0,64	0,48	81	14	0,00	18,50	0,00	0,45	0,00
31	15	0,25	10,41	0,02	0,77	0,80	81	15	0,05	19,25	0,00	0,52	0,18
31	16	0,15	15,57	0,00	0,64	0,49	81	16	0,10	17,42	0,00	0,58	0,32
31	17	0,16	13,31	0,00	0,66	0,54	81	17	0,28	10,25	0,07	0,77	0,79
31	18	0,21	11,84	0,00	0,73	0,69	81	18	0,25	11,12	0,00	0,78	0,83
31	19	0,17	12,65	0,00	0,68	0,56	81	19	0,14	13,91	0,00	0,64	0,48
31	20	0,26	10,31	0,01	0,79	0,85	81	20	0,23	14,12	0,00	0,76	0,78
31	21	0,09	19,04	0,00	0,57	0,29	81	21	0,17	12,70	0,00	0,68	0,58
31	22	0,22	10,63	0,00	0,75	0,75	81	22	0,03	16,64	0,00	0,49	0,10
31	23	0,11	13,83	0,00	0,60	0,37	81	23	0,13	16,50	0,00	0,63	0,45
31	24	0,12	17,22	0,00	0,62	0,42	81	24	0,10	12,75	0,00	0,59	0,35
31	25	0,01	17,63	0,00	0,46	0,04	81	25	0,10	16,35	0,00	0,59	0,34
31	26	0,29	12,09	0,02	0,82	0,94	81	26	0,04	17,96	0,00	0,51	0,14
31	27	0,10	14,09	0,00	0,59	0,35	81	27	0,42	8,76	0,25	0,77	0,81
31	28	0,13	12,79	0,00	0,62	0,43	81	28	0,17	15,60	0,00	0,67	0,56
31	29	0,22	14,99	0,00	0,74	0,72	81	29	0,21	13,28	0,00	0,74	0,72
31	30	0,13	12,89	0,00	0,62	0,42	81	30	0,09	12,85	0,00	0,57	0,30
32	1	0,20	11,14	0,00	0,71	0,66	82	1	0,19	12,48	0,00	0,71	0,65
32	2	0,24	11,11	0,05	0,73	0,69	82	2	0,07	12,75	0,00	0,55	0,24
32	3	0,12	14,85	0,00	0,61	0,40	82	3	0,29	9,20	0,16	0,69	0,59
32	4	0,14	13,92	0,00	0,64	0,48	82	4	0,13	11,30	0,00	0,63	0,44
32	5	0,17	13,83	0,00	0,68	0,56	82	5	0,15	13,12	0,00	0,66	0,52
32	6	0,14	13,96	0,00	0,63	0,45	82	6	0,17	16,15	0,00	0,68	0,57
32	7	0,28	10,20	0,04	0,79	0,85	82	7	0,10	16,26	0,00	0,58	0,32
32	8	0,34	10,69	0,12	0,79	0,84	82	8	0,21	12,54	0,00	0,73	0,70
32	9	0,14	12,99	0,00	0,64	0,48	82	9	0,16	17,04	0,00	0,66	0,53
32	10	0,15	14,98	0,00	0,65	0,51	82	10	0,18	12,77	0,00	0,69	0,60
32	11	0,15	15,34	0,00	0,65	0,51	82	11	0,19	13,07	0,00	0,70	0,63
32	12	0,22	13,75	0,00	0,74	0,72	82	12	0,14	14,21	0,00	0,64	0,48
32	13	0,21	15,70	0,00	0,73	0,70	82	13	0,15	12,86	0,00	0,65	0,50
32	14	0,09	16,14	0,00	0,57	0,31	82	14	0,25	10,21	0,00	0,78	0,82
32	15	0,19	12,95	0,00	0,70	0,63	82	15	0,19	10,84	0,00	0,70	0,63
32	16	0,06	14,21	0,00	0,53	0,21	82	16	0,44	8,61	0,34	0,71	0,66
32	17	0,16	12,19	0,00	0,66	0,53	82	17	0,12	17,55	0,00	0,61	0,41
32	18	0,19	14,03	0,00	0,71	0,65	82	18	0,12	15,70	0,00	0,61	0,41
32	19	0,13	17,74	0,00	0,62	0,42	82	19	0,16	16,79	0,00	0,66	0,53
32	20	0,14	14,98	0,00	0,64	0,47	82	20	0,13	13,40	0,00	0,62	0,43
32	21	0,11	13,02	0,00	0,60	0,37	82	21	0,09	14,45	0,00	0,57	0,30
32	22	0,11	14,44	0,00	0,60	0,38	82	22	0,07	16,77	0,00	0,55	0,24
32	23	0,17	14,15	0,00	0,68	0,57	82	23	0,23	13,76	0,00	0,76	0,78
32	24	0,08	15,30	0,00	0,55	0,25	82	24	0,17	12,51	0,00	0,67	0,55
32	25	0,19	15,49	0,00	0,71	0,65	82	25	0,11	17,00	0,00	0,60	0,37
32	26	0,14	13,88	0,00	0,64	0,47	82	26	0,02	14,51	0,00	0,48	0,07
32	27	0,11	16,47	0,00	0,59	0,36	82	27	0,14	13,80	0,00	0,64	0,48
32	28	0,13	15,48	0,00	0,63	0,44	82	28	0,20	12,95	0,00	0,71	0,65
32	29	0,20	10,66	0,00	0,71	0,66	82	29	0,30	11,65	0,00	0,84	0,98
32	30	0,18	13,82	0,00	0,69	0,59	82	30	0,12	15,47	0,00	0,61	0,39
33	1	0,17	15,35	0,00	0,68	0,57	83	1	0,16	12,02	0,00	0,67	0,54
33	2	0,15	14,47	0,00	0,65	0,50	83	2	0,19	10,71	0,00	0,70	0,63
33	3	0,25	10,82	0,05	0,73	0,71	83	3	0,18	15,82	0,00	0,69	0,61
33	4	0,11	15,04	0,00	0,60	0,37	83	4	0,14	12,67	0,00	0,64	0,46
33	5	0,13	16,40	0,00	0,62	0,43	83	5	0,15	14,66	0,00	0,65	0,50
33	6	0,08	19,50	0,00	0,56	0,27	83	6	0,12	14,12	0,00	0,61	0,40
33	7	0,23	9,78	0,05	0,70	0,63	83	7	0,34	8,68	0,26	0,66	0,51

33	8	0,11	13,84	0,00	0,59	0,36	83	8	0,24	13,61	0,00	0,77	0,80
33	9	0,08	19,79	0,00	0,55	0,25	83	9	0,09	18,57	0,00	0,56	0,28
33	10	0,22	12,39	0,00	0,75	0,74	83	10	0,21	13,36	0,00	0,73	0,70
33	11	0,14	14,07	0,00	0,64	0,47	83	11	0,21	12,49	0,00	0,73	0,71
33	12	0,23	14,07	0,00	0,76	0,78	83	12	0,21	13,53	0,00	0,72	0,68
33	13	0,13	16,41	0,00	0,62	0,43	83	13	0,08	15,45	0,00	0,56	0,27
33	14	0,06	20,30	0,00	0,53	0,20	83	14	0,12	16,19	0,00	0,61	0,40
33	15	0,07	18,26	0,00	0,54	0,22	83	15	0,11	14,84	0,00	0,59	0,36
33	16	0,09	15,04	0,00	0,58	0,32	83	16	0,08	16,57	0,00	0,55	0,25
33	17	0,01	18,58	0,00	0,46	0,03	83	17	0,19	13,85	0,00	0,70	0,62
33	18	0,17	14,37	0,00	0,68	0,56	83	18	0,16	15,64	0,00	0,67	0,55
33	19	0,83	4,75	0,83	0,77	0,81	83	19	0,11	18,59	0,00	0,60	0,37
33	20	0,19	13,61	0,00	0,71	0,64	83	20	0,16	15,68	0,00	0,66	0,54
33	21	0,16	16,26	0,00	0,66	0,52	83	21	0,13	15,44	0,00	0,63	0,45
33	22	0,11	16,67	0,00	0,60	0,37	83	22	0,22	11,19	0,00	0,75	0,75
33	23	0,12	14,65	0,00	0,61	0,40	83	23	0,05	12,42	0,00	0,52	0,17
33	24	0,15	15,65	0,00	0,65	0,49	83	24	0,15	16,40	0,00	0,65	0,51
33	25	0,05	17,52	0,00	0,51	0,16	83	25	0,10	17,67	0,00	0,58	0,32
33	26	0,14	11,53	0,00	0,63	0,45	83	26	0,13	15,26	0,00	0,62	0,42
33	27	0,10	13,91	0,00	0,59	0,35	83	27	0,15	15,36	0,00	0,66	0,51
33	28	0,18	13,56	0,00	0,69	0,60	83	28	0,11	15,11	0,00	0,59	0,35
33	29	0,24	13,37	0,00	0,77	0,81	83	29	0,12	14,82	0,00	0,61	0,41
33	30	0,08	13,47	0,00	0,56	0,28	83	30	0,21	12,94	0,00	0,73	0,70
34	1	0,08	19,09	0,00	0,55	0,26	84	1	0,13	12,83	0,00	0,62	0,44
34	2	0,07	15,59	0,00	0,55	0,25	84	2	0,18	17,14	0,00	0,69	0,59
34	3	0,22	14,65	0,00	0,75	0,74	84	3	0,33	10,15	0,24	0,67	0,55
34	4	0,34	8,94	0,21	0,71	0,64	84	4	0,18	14,72	0,00	0,69	0,60
34	5	0,20	13,30	0,00	0,71	0,65	84	5	0,11	17,21	0,00	0,60	0,37
34	6	0,13	13,48	0,00	0,62	0,43	84	6	0,25	10,32	0,07	0,73	0,69
34	7	0,08	19,75	0,00	0,56	0,27	84	7	0,15	13,88	0,00	0,65	0,51
34	8	0,10	13,56	0,00	0,59	0,35	84	8	0,17	17,33	0,00	0,67	0,56
34	9	0,53	8,17	0,37	0,81	0,90	84	9	0,13	12,80	0,00	0,63	0,45
34	10	0,04	17,63	0,00	0,51	0,15	84	10	0,21	15,43	0,00	0,73	0,69
34	11	0,30	11,04	0,00	0,85	1,00	84	11	0,11	13,65	0,00	0,59	0,36
34	12	0,17	15,04	0,00	0,68	0,58	84	12	0,15	15,79	0,00	0,64	0,48
34	13	0,16	14,53	0,00	0,67	0,54	84	13	0,05	20,48	0,00	0,52	0,16
34	14	0,14	15,79	0,00	0,64	0,46	84	14	0,27	9,81	0,16	0,66	0,53
34	15	0,25	9,62	0,09	0,71	0,65	84	15	0,24	10,30	0,06	0,72	0,67
34	16	0,20	10,67	0,01	0,71	0,65	84	16	0,26	9,74	0,09	0,71	0,65
34	17	0,16	12,94	0,00	0,66	0,54	84	17	0,15	15,10	0,00	0,65	0,50
34	18	0,13	13,61	0,00	0,63	0,45	84	18	0,26	10,38	0,01	0,79	0,84
34	19	0,24	11,90	0,00	0,77	0,80	84	19	0,14	16,18	0,00	0,63	0,45
34	20	0,21	11,58	0,00	0,73	0,71	84	20	0,10	14,73	0,00	0,59	0,35
34	21	0,07	19,21	0,00	0,55	0,25	84	21	0,05	16,45	0,00	0,52	0,17
34	22	0,22	13,82	0,00	0,74	0,73	84	22	0,10	12,69	0,00	0,58	0,33
34	23	0,16	12,78	0,00	0,66	0,52	84	23	0,10	12,70	0,00	0,59	0,35
34	24	0,34	9,18	0,21	0,70	0,63	84	24	0,23	12,30	0,00	0,76	0,77
34	25	0,15	14,02	0,00	0,65	0,49	84	25	0,11	17,64	0,00	0,59	0,35
34	26	0,15	12,39	0,00	0,65	0,51	84	26	0,25	14,90	0,00	0,78	0,82
34	27	0,03	18,04	0,00	0,50	0,11	84	27	0,00	19,90	0,00	0,40	0,00
34	28	0,18	13,39	0,00	0,70	0,62	84	28	0,13	17,64	0,00	0,62	0,43
34	29	0,25	11,53	0,00	0,79	0,84	84	29	0,25	12,55	0,00	0,78	0,82
34	30	0,11	17,40	0,00	0,60	0,37	84	30	0,18	13,65	0,00	0,68	0,58
35	1	0,21	12,54	0,00	0,73	0,71	85	1	0,11	12,27	0,00	0,60	0,37
35	2	0,16	13,34	0,00	0,67	0,54	85	2	0,14	15,79	0,00	0,64	0,48
35	3	0,23	12,93	0,00	0,75	0,76	85	3	0,06	14,53	0,00	0,53	0,20
35	4	0,22	16,46	0,00	0,74	0,72	85	4	0,15	16,66	0,00	0,65	0,50
35	5	0,12	14,61	0,00	0,61	0,41	85	5	0,14	16,26	0,00	0,64	0,47
35	6	0,13	12,91	0,00	0,62	0,42	85	6	0,08	18,24	0,00	0,55	0,25
35	7	0,12	14,87	0,00	0,62	0,41	85	7	0,19	14,65	0,00	0,70	0,63
35	8	0,30	11,31	0,01	0,85	0,99	85	8	0,21	10,88	0,00	0,73	0,71
35	9	0,12	12,93	0,00	0,62	0,42	85	9	0,22	10,87	0,12	0,63	0,46
35	10	0,20	13,42	0,00	0,72	0,67	85	10	0,17	11,90	0,00	0,67	0,55
35	11	0,16	11,68	0,00	0,66	0,53	85	11	0,15	12,94	0,00	0,66	0,52
35	12	0,18	13,18	0,00	0,69	0,60	85	12	0,16	16,06	0,00	0,66	0,53
35	13	0,13	16,22	0,00	0,63	0,44	85	13	0,11	16,26	0,00	0,59	0,36
35	14	0,16	12,65	0,00	0,66	0,53	85	14	0,14	14,27	0,00	0,64	0,48
35	15	0,14	12,28	0,00	0,64	0,48	85	15	0,12	16,77	0,00	0,61	0,40
35	16	0,06	15,01	0,00	0,52	0,18	85	16	0,09	13,88	0,00	0,57	0,30
35	17	0,14	15,82	0,00	0,64	0,48	85	17	0,19	15,49	0,00	0,70	0,62
35	18	0,28	11,08	0,10	0,72	0,68	85	18	0,17	11,52	0,00	0,68	0,57
35	19	0,15	14,48	0,00	0,64	0,48	85	19	0,32	9,41	0,19	0,69	0,61
35	20	0,21	14,07	0,00	0,74	0,71	85	20	0,14	15,31	0,00	0,63	0,46
35	21	0,23	13,90	0,00	0,76	0,77	85	21	0,11	16,62	0,00	0,60	0,37
35	22	0,32	10,37	0,16	0,73	0,70	85	22	0,25	12,71	0,00	0,78	0,83
35	23	0,04	14,94	0,00	0,51	0,14	85	23	0,04	14,45	0,00	0,50	0,13
35	24	0,05	15,47	0,00	0,51	0,16	85	24	0,09	16,77	0,00	0,57	0,30
35	25	0,08	15,61	0,00	0,56	0,26	85	25	0,20	12,27	0,07	0,65	0,49
35	26	0,08	17,27	0,00	0,55	0,25	85	26	0,16	11,02	0,00	0,66	0,53
35	27	0,04	18,71	0,00	0,50	0,13	85	27	0,03	17,86	0,00	0,49	0,09
35	28	0,16	13,65	0,00	0,66	0,53	85	28	0,06	19,25	0,00	0,53	0,19

35	29	0,08	17,04	0,00	0,56	0,27	85	29	0,17	14,33	0,00	0,68	0,56
35	30	0,09	16,69	0,00	0,57	0,31	85	30	0,11	12,72	0,00	0,59	0,35
36	1	0,13	14,15	0,00	0,62	0,43	86	1	0,22	13,39	0,00	0,75	0,75
36	2	0,23	10,21	0,10	0,66	0,52	86	2	0,14	16,18	0,00	0,63	0,45
36	3	0,10	12,72	0,00	0,59	0,34	86	3	0,18	11,96	0,00	0,70	0,62
36	4	0,17	15,77	0,00	0,68	0,58	86	4	0,15	16,77	0,00	0,65	0,50
36	5	0,18	16,96	0,00	0,69	0,61	86	5	0,16	13,48	0,00	0,66	0,52
36	6	0,18	12,20	0,00	0,68	0,58	86	6	0,12	13,70	0,00	0,61	0,41
36	7	0,21	13,26	0,00	0,74	0,71	86	7	0,17	15,81	0,00	0,68	0,57
36	8	0,16	15,65	0,00	0,66	0,52	86	8	0,12	17,78	0,00	0,60	0,38
36	9	0,14	16,00	0,00	0,64	0,47	86	9	0,12	16,78	0,00	0,61	0,40
36	10	0,15	15,20	0,00	0,64	0,49	86	10	0,06	16,13	0,00	0,53	0,19
36	11	0,15	13,60	0,00	0,65	0,49	86	11	0,23	10,78	0,00	0,75	0,76
36	12	0,05	16,51	0,00	0,52	0,17	86	12	0,12	14,82	0,00	0,61	0,41
36	13	0,05	18,49	0,00	0,52	0,17	86	13	0,17	15,54	0,00	0,67	0,56
36	14	0,11	15,23	0,00	0,60	0,36	86	14	0,12	15,10	0,00	0,61	0,40
36	15	0,05	18,06	0,00	0,52	0,16	86	15	0,10	17,27	0,00	0,58	0,33
36	16	0,15	17,36	0,00	0,65	0,50	86	16	0,06	17,90	0,00	0,53	0,20
36	17	0,20	13,00	0,00	0,71	0,66	86	17	0,13	13,58	0,00	0,62	0,43
36	18	0,15	15,65	0,00	0,65	0,50	86	18	0,35	9,40	0,24	0,70	0,62
36	19	0,07	14,88	0,00	0,54	0,22	86	19	0,19	12,15	0,00	0,71	0,65
36	20	0,08	14,77	0,00	0,56	0,27	86	20	0,20	13,25	0,00	0,72	0,67
36	21	0,17	15,25	0,00	0,67	0,56	86	21	0,18	14,14	0,00	0,69	0,61
36	22	0,11	14,80	0,00	0,59	0,36	86	22	0,22	14,10	0,00	0,74	0,72
36	23	0,17	11,67	0,04	0,65	0,50	86	23	0,12	16,11	0,00	0,62	0,41
36	24	0,14	11,58	0,00	0,63	0,46	86	24	0,09	11,66	0,00	0,57	0,29
36	25	0,05	16,11	0,00	0,51	0,15	86	25	0,07	19,01	0,00	0,54	0,22
36	26	0,15	11,29	0,00	0,64	0,48	86	26	0,14	14,87	0,00	0,64	0,47
36	27	0,06	19,47	0,00	0,54	0,21	86	27	0,14	15,06	0,00	0,63	0,45
36	28	0,22	9,92	0,07	0,68	0,58	86	28	0,15	11,64	0,04	0,61	0,41
36	29	0,15	15,65	0,00	0,65	0,49	86	29	0,20	12,61	0,00	0,72	0,68
36	30	0,17	17,33	0,00	0,68	0,56	86	30	0,56	8,03	0,39	0,82	0,93
37	1	0,27	13,04	0,00	0,81	0,90	87	1	0,12	17,87	0,00	0,61	0,41
37	2	0,20	12,41	0,00	0,72	0,67	87	2	0,14	15,81	0,00	0,64	0,47
37	3	0,06	14,80	0,00	0,53	0,20	87	3	0,10	12,93	0,00	0,59	0,34
37	4	0,32	10,60	0,03	0,87	1,00	87	4	0,18	16,08	0,00	0,69	0,60
37	5	0,18	11,52	0,07	0,63	0,46	87	5	0,11	15,29	0,00	0,59	0,36
37	6	0,21	13,83	0,00	0,72	0,68	87	6	0,21	10,35	0,06	0,68	0,57
37	7	0,19	15,45	0,00	0,71	0,64	87	7	0,21	14,95	0,00	0,73	0,71
37	8	0,07	14,45	0,00	0,55	0,25	87	8	0,19	12,52	0,00	0,70	0,63
37	9	0,12	18,31	0,00	0,62	0,41	87	9	0,13	16,05	0,00	0,62	0,43
37	10	0,08	14,71	0,00	0,56	0,27	87	10	0,13	16,52	0,00	0,63	0,45
37	11	0,09	15,34	0,00	0,57	0,30	87	11	0,10	17,49	0,00	0,59	0,34
37	12	0,06	19,43	0,00	0,53	0,21	87	12	0,15	15,57	0,00	0,65	0,51
37	13	0,20	12,33	0,00	0,72	0,66	87	13	0,20	11,15	0,00	0,71	0,66
37	14	0,14	17,81	0,00	0,64	0,47	87	14	0,11	13,92	0,00	0,60	0,36
37	15	0,19	12,02	0,00	0,70	0,62	87	15	0,19	12,65	0,00	0,71	0,64
37	16	0,05	18,82	0,00	0,52	0,17	87	16	0,08	15,35	0,00	0,56	0,27
37	17	0,00	18,45	0,00	0,45	0,01	87	17	0,31	10,31	0,22	0,66	0,51
37	18	0,16	11,17	0,00	0,67	0,54	87	18	0,10	15,00	0,00	0,59	0,34
37	19	0,16	13,36	0,00	0,66	0,52	87	19	0,13	12,59	0,00	0,62	0,42
37	20	0,19	14,81	0,00	0,70	0,62	87	20	0,23	10,36	0,05	0,71	0,65
37	21	0,21	13,24	0,00	0,74	0,71	87	21	0,10	12,98	0,00	0,58	0,33
37	22	0,21	15,10	0,00	0,73	0,71	87	22	0,17	11,09	0,02	0,66	0,52
37	23	0,09	12,97	0,00	0,56	0,29	87	23	0,00	18,95	0,00	0,45	0,00
37	24	0,09	15,56	0,00	0,57	0,31	87	24	0,21	13,71	0,00	0,72	0,68
37	25	0,12	16,94	0,00	0,61	0,40	87	25	0,16	10,87	0,00	0,66	0,53
37	26	0,20	15,06	0,00	0,72	0,67	87	26	0,23	10,81	0,00	0,75	0,75
37	27	0,10	13,20	0,00	0,58	0,32	87	27	0,12	15,32	0,00	0,61	0,40
37	28	0,27	10,06	0,10	0,73	0,69	87	28	0,13	12,92	0,00	0,63	0,44
37	29	0,11	12,76	0,00	0,60	0,38	87	29	0,09	17,64	0,00	0,57	0,30
37	30	0,17	12,93	0,00	0,68	0,57	87	30	0,12	17,55	0,00	0,61	0,40
38	1	0,20	15,03	0,00	0,72	0,68	88	1	0,15	16,42	0,00	0,65	0,51
38	2	0,17	11,55	0,00	0,68	0,58	88	2	0,11	17,85	0,00	0,60	0,37
38	3	0,40	8,90	0,28	0,72	0,67	88	3	0,08	17,86	0,00	0,56	0,28
38	4	0,18	15,56	0,00	0,69	0,59	88	4	0,17	15,91	0,00	0,68	0,58
38	5	0,11	17,79	0,00	0,60	0,38	88	5	0,15	13,23	0,00	0,65	0,50
38	6	0,05	16,34	0,00	0,52	0,17	88	6	0,21	11,90	0,00	0,73	0,69
38	7	0,35	9,21	0,20	0,73	0,70	88	7	0,13	17,48	0,00	0,62	0,43
38	8	0,28	10,24	0,14	0,69	0,60	88	8	0,20	11,71	0,02	0,70	0,62
38	9	0,19	10,79	0,01	0,69	0,61	88	9	0,21	14,37	0,00	0,73	0,70
38	10	0,14	15,88	0,00	0,63	0,46	88	10	0,26	11,28	0,11	0,69	0,60
38	11	0,19	12,35	0,00	0,70	0,63	88	11	0,11	13,02	0,00	0,60	0,37
38	12	0,11	14,41	0,00	0,60	0,37	88	12	0,13	12,95	0,00	0,62	0,42
38	13	0,30	9,69	0,12	0,74	0,72	88	13	0,11	14,74	0,00	0,60	0,37
38	14	0,10	17,44	0,00	0,59	0,34	88	14	0,12	14,57	0,00	0,61	0,40
38	15	0,14	16,42	0,00	0,63	0,46	88	15	0,17	15,53	0,00	0,68	0,57
38	16	0,11	11,85	0,00	0,60	0,37	88	16	0,25	10,03	0,01	0,77	0,81
38	17	0,14	12,61	0,00	0,64	0,48	88	17	0,38	8,78	0,25	0,72	0,67
38	18	0,21	13,65	0,00	0,73	0,70	88	18	0,14	16,47	0,00	0,63	0,46
38	19	0,09	17,64	0,00	0,57	0,30	88	19	0,12	15,20	0,00	0,61	0,39

38	20	0,29	10,97	0,01	0,83	0,95	88	20	0,08	15,45	0,00	0,56	0,27
38	21	0,26	10,32	0,05	0,74	0,74	88	21	0,13	12,68	0,00	0,62	0,43
38	22	0,26	14,44	0,00	0,79	0,85	88	22	0,23	12,07	0,00	0,75	0,76
38	23	0,21	11,59	0,00	0,73	0,69	88	23	0,28	10,98	0,06	0,77	0,80
38	24	0,09	17,14	0,00	0,57	0,31	88	24	0,36	9,88	0,24	0,71	0,66
38	25	0,41	9,82	0,22	0,80	0,87	88	25	0,05	18,07	0,00	0,51	0,15
38	26	0,13	12,71	0,00	0,63	0,45	88	26	0,31	10,42	0,01	0,86	1,00
38	27	0,03	16,91	0,00	0,49	0,11	88	27	0,19	11,39	0,00	0,70	0,63
38	28	0,17	13,01	0,00	0,68	0,56	88	28	0,17	14,60	0,00	0,68	0,56
38	29	0,18	16,08	0,00	0,69	0,60	88	29	0,10	13,56	0,00	0,59	0,35
38	30	0,22	11,53	0,00	0,75	0,74	88	30	0,05	16,81	0,00	0,52	0,18
39	1	0,25	11,76	0,00	0,78	0,82	89	1	0,12	16,60	0,00	0,61	0,41
39	2	0,13	12,84	0,00	0,63	0,44	89	2	0,11	13,80	0,00	0,60	0,37
39	3	0,11	16,61	0,00	0,59	0,36	89	3	0,18	17,16	0,00	0,69	0,60
39	4	0,13	16,56	0,00	0,62	0,43	89	4	0,10	17,94	0,00	0,58	0,33
39	5	0,22	12,98	0,00	0,75	0,75	89	5	0,17	14,88	0,00	0,68	0,58
39	6	0,12	14,71	0,00	0,61	0,40	89	6	0,28	9,95	0,08	0,75	0,76
39	7	0,22	11,93	0,00	0,75	0,74	89	7	0,18	15,44	0,00	0,69	0,60
39	8	0,02	17,97	0,00	0,47	0,05	89	8	0,12	17,03	0,00	0,61	0,41
39	9	0,14	16,23	0,00	0,63	0,45	89	9	0,10	15,01	0,00	0,59	0,34
39	10	0,14	19,14	0,00	0,64	0,46	89	10	0,27	10,85	0,01	0,80	0,86
39	11	0,23	14,21	0,00	0,75	0,76	89	11	0,25	12,79	0,00	0,78	0,83
39	12	0,21	15,03	0,00	0,73	0,71	89	12	0,12	17,70	0,00	0,61	0,40
39	13	0,09	11,74	0,00	0,57	0,30	89	13	0,07	15,48	0,00	0,54	0,23
39	14	0,13	17,11	0,00	0,62	0,43	89	14	0,21	10,50	0,00	0,73	0,71
39	15	0,18	10,27	0,03	0,66	0,52	89	15	0,06	18,91	0,00	0,53	0,19
39	16	0,09	14,62	0,00	0,57	0,31	89	16	0,05	15,09	0,00	0,52	0,17
39	17	0,21	14,37	0,00	0,73	0,70	89	17	0,09	19,13	0,00	0,57	0,29
39	18	0,14	15,19	0,00	0,63	0,46	89	18	0,29	10,58	0,06	0,78	0,84
39	19	0,11	17,13	0,00	0,59	0,35	89	19	0,56	8,08	0,38	0,84	0,98
39	20	0,24	11,26	0,06	0,72	0,67	89	20	0,21	13,98	0,00	0,73	0,70
39	21	0,19	12,08	0,00	0,71	0,65	89	21	0,12	15,40	0,00	0,60	0,39
39	22	0,11	15,69	0,00	0,60	0,37	89	22	0,14	16,66	0,00	0,63	0,45
39	23	0,14	15,22	0,00	0,64	0,48	89	23	0,16	12,16	0,00	0,67	0,54
39	24	0,13	14,36	0,00	0,62	0,42	89	24	0,19	11,46	0,00	0,70	0,63
39	25	0,11	13,95	0,00	0,60	0,38	89	25	0,11	15,17	0,00	0,59	0,36
39	26	0,16	12,05	0,06	0,61	0,40	89	26	0,13	16,93	0,00	0,63	0,45
39	27	0,19	12,99	0,00	0,70	0,63	89	27	0,00	21,79	0,00	0,42	0,00
39	28	0,12	15,05	0,00	0,61	0,41	89	28	0,24	15,89	0,00	0,78	0,81
39	29	0,18	11,17	0,00	0,69	0,61	89	29	0,26	11,24	0,00	0,80	0,87
39	30	0,17	15,38	0,00	0,68	0,57	89	30	0,22	16,02	0,00	0,74	0,72
40	1	0,27	10,00	0,11	0,71	0,64	90	1	0,11	15,35	0,00	0,60	0,38
40	2	0,17	14,14	0,00	0,68	0,58	90	2	0,17	12,18	0,00	0,68	0,57
40	3	0,17	12,65	0,00	0,68	0,57	90	3	0,13	15,20	0,00	0,62	0,42
40	4	0,27	11,56	0,00	0,81	0,89	90	4	0,17	14,88	0,00	0,68	0,58
40	5	0,24	12,60	0,00	0,77	0,80	90	5	0,16	16,86	0,00	0,66	0,54
40	6	0,22	13,60	0,00	0,75	0,74	90	6	0,18	12,08	0,00	0,68	0,58
40	7	0,20	11,40	0,00	0,72	0,67	90	7	0,05	18,83	0,00	0,52	0,17
40	8	0,08	16,82	0,00	0,55	0,26	90	8	0,12	13,63	0,00	0,62	0,41
40	9	0,30	10,18	0,15	0,71	0,65	90	9	0,24	13,08	0,00	0,77	0,79
40	10	0,15	13,73	0,00	0,64	0,48	90	10	0,16	13,29	0,00	0,66	0,52
40	11	0,19	15,91	0,00	0,70	0,63	90	11	0,13	12,04	0,00	0,63	0,44
40	12	0,12	16,88	0,00	0,61	0,39	90	12	0,21	12,67	0,00	0,74	0,71
40	13	0,19	10,47	0,00	0,70	0,64	90	13	0,18	13,13	0,00	0,69	0,61
40	14	0,12	15,60	0,00	0,61	0,40	90	14	0,09	16,60	0,00	0,57	0,29
40	15	0,21	11,14	0,00	0,73	0,70	90	15	0,13	15,24	0,00	0,63	0,45
40	16	0,34	9,66	0,19	0,72	0,68	90	16	0,13	13,08	0,00	0,62	0,43
40	17	0,09	17,62	0,00	0,57	0,31	90	17	0,12	12,83	0,00	0,61	0,39
40	18	0,22	12,71	0,00	0,75	0,75	90	18	0,18	15,32	0,00	0,69	0,61
40	19	0,14	13,88	0,00	0,63	0,45	90	19	0,14	15,44	0,00	0,64	0,47
40	20	0,14	16,14	0,00	0,64	0,48	90	20	0,26	11,19	0,01	0,79	0,84
40	21	0,15	14,72	0,00	0,66	0,52	90	21	0,11	17,73	0,00	0,60	0,38
40	22	0,13	17,95	0,00	0,62	0,43	90	22	0,09	16,11	0,00	0,57	0,31
40	23	0,17	13,71	0,00	0,67	0,56	90	23	0,11	15,68	0,00	0,59	0,36
40	24	0,12	13,52	0,00	0,61	0,41	90	24	0,11	12,50	0,00	0,60	0,37
40	25	0,13	14,16	0,00	0,62	0,42	90	25	0,02	17,36	0,00	0,48	0,08
40	26	0,09	16,77	0,00	0,57	0,30	90	26	0,10	15,45	0,00	0,58	0,33
40	27	0,25	10,45	0,08	0,71	0,64	90	27	0,15	15,30	0,00	0,66	0,51
40	28	0,13	16,13	0,00	0,62	0,43	90	28	0,08	13,02	0,00	0,56	0,26
40	29	0,15	13,68	0,00	0,65	0,51	90	29	0,23	12,06	0,00	0,76	0,77
40	30	0,19	13,97	0,00	0,70	0,64	90	30	0,19	13,90	0,00	0,71	0,64
41	1	0,16	14,43	0,00	0,66	0,52	91	1	0,27	10,22	0,20	0,62	0,41
41	2	0,09	17,03	0,00	0,57	0,29	91	2	0,17	14,14	0,00	0,68	0,58
41	3	0,19	10,75	0,04	0,67	0,54	91	3	0,14	16,91	0,00	0,64	0,47
41	4	0,34	9,55	0,12	0,80	0,87	91	4	0,24	13,22	0,00	0,78	0,82
41	5	0,15	15,65	0,00	0,65	0,49	91	5	0,07	18,12	0,00	0,54	0,24
41	6	0,14	14,55	0,00	0,63	0,46	91	6	0,24	11,27	0,00	0,77	0,80
41	7	0,08	17,04	0,00	0,56	0,27	91	7	0,21	10,52	0,06	0,67	0,56
41	8	0,13	15,97	0,00	0,62	0,42	91	8	0,21	12,10	0,00	0,73	0,69
41	9	0,16	14,63	0,00	0,66	0,52	91	9	0,13	11,91	0,00	0,63	0,45
41	10	0,13	12,63	0,00	0,62	0,42	91	10	0,14	14,64	0,00	0,63	0,46

41	11	0,19	13,32	0,00	0,71	0,64	91	11	0,11	16,26	0,00	0,59	0,35
41	12	0,31	9,80	0,17	0,70	0,63	91	12	0,17	15,41	0,00	0,67	0,56
41	13	0,14	15,81	0,00	0,64	0,47	91	13	0,17	12,91	0,00	0,67	0,55
41	14	0,10	15,36	0,00	0,58	0,34	91	14	0,14	15,21	0,00	0,64	0,46
41	15	0,15	14,51	0,00	0,65	0,49	91	15	0,17	15,79	0,00	0,68	0,57
41	16	0,09	15,57	0,00	0,57	0,30	91	16	0,13	15,82	0,00	0,62	0,42
41	17	0,14	12,72	0,00	0,64	0,46	91	17	0,19	14,66	0,00	0,70	0,63
41	18	0,23	10,46	0,06	0,70	0,63	91	18	0,25	13,50	0,00	0,78	0,82
41	19	0,13	14,93	0,00	0,62	0,43	91	19	0,24	10,97	0,06	0,72	0,66
41	20	0,18	14,37	0,00	0,69	0,60	91	20	0,15	11,74	0,00	0,65	0,49
41	21	0,13	14,20	0,00	0,63	0,45	91	21	0,43	8,68	0,26	0,78	0,82
41	22	0,20	10,62	0,00	0,71	0,65	91	22	0,21	10,58	0,06	0,67	0,55
41	23	0,18	11,21	0,00	0,68	0,59	91	23	0,26	10,32	0,09	0,70	0,63
41	24	0,13	16,27	0,00	0,63	0,45	91	24	0,17	15,31	0,00	0,67	0,56
41	25	0,20	10,48	0,02	0,70	0,62	91	25	0,05	18,07	0,00	0,51	0,15
41	26	0,08	17,04	0,00	0,56	0,27	91	26	0,21	11,16	0,00	0,73	0,70
41	27	0,11	12,96	0,00	0,60	0,36	91	27	0,14	12,53	0,00	0,63	0,45
41	28	0,00	19,12	0,00	0,42	0,00	91	28	0,19	11,44	0,11	0,60	0,39
41	29	0,08	16,58	0,00	0,56	0,27	91	29	0,19	16,59	0,00	0,70	0,62
41	30	0,13	14,89	0,00	0,62	0,43	91	30	0,90	5,19	0,90	0,81	0,91
42	1	0,18	13,89	0,00	0,69	0,60	92	1	0,22	14,08	0,00	0,74	0,72
42	2	0,12	13,17	0,00	0,61	0,39	92	2	0,08	16,94	0,00	0,56	0,27
42	3	0,14	13,98	0,00	0,64	0,46	92	3	0,25	10,87	0,04	0,74	0,74
42	4	0,21	15,03	0,00	0,73	0,71	92	4	0,15	15,54	0,00	0,65	0,50
42	5	0,32	9,17	0,17	0,72	0,67	92	5	0,09	15,13	0,00	0,57	0,30
42	6	0,14	15,01	0,00	0,63	0,46	92	6	0,09	11,76	0,00	0,57	0,29
42	7	0,15	13,66	0,00	0,65	0,50	92	7	0,08	16,92	0,00	0,56	0,26
42	8	0,11	16,07	0,00	0,59	0,35	92	8	0,15	16,24	0,00	0,66	0,52
42	9	0,29	9,88	0,16	0,69	0,59	92	9	0,18	12,79	0,00	0,68	0,58
42	10	0,19	13,92	0,00	0,71	0,64	92	10	0,11	15,52	0,00	0,60	0,38
42	11	0,11	15,09	0,00	0,59	0,36	92	11	0,03	15,50	0,00	0,49	0,09
42	12	0,22	10,81	0,01	0,74	0,72	92	12	0,15	12,74	0,00	0,65	0,50
42	13	0,14	17,24	0,00	0,63	0,45	92	13	0,10	18,92	0,00	0,59	0,35
42	14	0,15	17,28	0,00	0,65	0,50	92	14	0,28	12,20	0,00	0,82	0,92
42	15	0,10	18,45	0,00	0,58	0,34	92	15	0,11	16,41	0,00	0,60	0,38
42	16	0,20	10,91	0,08	0,64	0,47	92	16	0,10	16,40	0,00	0,58	0,33
42	17	0,28	11,80	0,00	0,83	0,94	92	17	0,29	10,02	0,05	0,79	0,85
42	18	0,24	11,17	0,05	0,72	0,69	92	18	0,19	11,89	0,00	0,71	0,64
42	19	0,08	16,25	0,00	0,55	0,26	92	19	0,30	10,88	0,07	0,78	0,84
42	20	0,21	14,47	0,00	0,73	0,69	92	20	0,36	9,70	0,23	0,72	0,68
42	21	0,14	14,54	0,00	0,64	0,46	92	21	0,18	15,59	0,00	0,69	0,59
42	22	0,15	10,65	0,00	0,65	0,49	92	22	0,18	12,55	0,00	0,69	0,61
42	23	0,10	18,60	0,00	0,59	0,34	92	23	0,02	19,80	0,00	0,48	0,08
42	24	0,23	15,39	0,00	0,76	0,76	92	24	0,19	11,51	0,00	0,70	0,62
42	25	0,19	14,86	0,00	0,70	0,62	92	25	0,18	13,29	0,00	0,69	0,59
42	26	0,07	19,63	0,00	0,55	0,25	92	26	0,08	15,46	0,00	0,56	0,27
42	27	0,15	10,81	0,03	0,63	0,45	92	27	0,25	9,72	0,06	0,73	0,69
42	28	0,08	18,74	0,00	0,56	0,27	92	28	0,13	11,58	0,00	0,62	0,42
42	29	0,15	16,57	0,00	0,65	0,49	92	29	0,17	17,71	0,00	0,67	0,56
42	30	0,20	14,92	0,00	0,72	0,67	92	30	0,27	12,73	0,00	0,81	0,89
43	1	0,13	16,33	0,00	0,63	0,45	93	1	0,16	15,31	0,00	0,66	0,52
43	2	0,06	16,16	0,00	0,53	0,20	93	2	0,18	12,80	0,00	0,69	0,60
43	3	0,07	15,10	0,00	0,55	0,24	93	3	0,14	11,53	0,00	0,63	0,45
43	4	0,10	17,74	0,00	0,59	0,35	93	4	0,17	13,59	0,00	0,68	0,58
43	5	0,29	11,03	0,05	0,79	0,86	93	5	0,08	18,68	0,00	0,55	0,25
43	6	0,10	13,50	0,00	0,59	0,35	93	6	0,13	12,84	0,00	0,63	0,44
43	7	0,18	12,16	0,00	0,69	0,60	93	7	0,27	14,03	0,00	0,81	0,90
43	8	0,21	14,37	0,00	0,73	0,70	93	8	0,12	17,41	0,00	0,60	0,39
43	9	0,14	14,59	0,00	0,63	0,45	93	9	0,09	15,56	0,00	0,57	0,30
43	10	0,30	10,61	0,00	0,85	1,00	93	10	0,07	18,60	0,00	0,55	0,25
43	11	0,16	14,56	0,00	0,66	0,53	93	11	0,20	12,70	0,00	0,71	0,66
43	12	0,23	13,99	0,00	0,76	0,78	93	12	0,24	10,80	0,01	0,76	0,78
43	13	0,10	13,49	0,00	0,59	0,34	93	13	0,10	18,37	0,00	0,59	0,34
43	14	0,15	16,36	0,00	0,66	0,51	93	14	0,18	11,04	0,02	0,68	0,57
43	15	0,00	24,38	0,00	0,35	0,00	93	15	0,16	12,66	0,00	0,66	0,53
43	16	0,05	16,70	0,00	0,52	0,17	93	16	0,15	14,09	0,00	0,65	0,51
43	17	0,23	10,93	0,01	0,75	0,75	93	17	0,22	13,26	0,00	0,74	0,73
43	18	0,20	13,94	0,00	0,71	0,66	93	18	0,16	12,27	0,00	0,67	0,55
43	19	0,21	10,70	0,01	0,72	0,69	93	19	0,05	18,25	0,00	0,52	0,17
43	20	0,10	18,35	0,00	0,58	0,33	93	20	0,18	14,61	0,00	0,69	0,60
43	21	0,24	13,24	0,00	0,76	0,79	93	21	0,21	11,85	0,00	0,73	0,70
43	22	0,14	12,55	0,00	0,64	0,48	93	22	0,22	10,85	0,00	0,75	0,74
43	23	0,17	10,77	0,00	0,67	0,55	93	23	0,14	16,36	0,00	0,64	0,47
43	24	0,17	13,13	0,00	0,68	0,58	93	24	0,16	16,14	0,00	0,66	0,53
43	25	0,15	16,94	0,00	0,65	0,50	93	25	0,13	15,37	0,00	0,62	0,42
43	26	0,20	13,76	0,00	0,71	0,65	93	26	0,23	10,38	0,05	0,71	0,66
43	27	0,24	10,89	0,00	0,77	0,79	93	27	0,05	15,34	0,00	0,52	0,18
43	28	0,12	17,35	0,00	0,61	0,39	93	28	0,17	15,24	0,00	0,68	0,57
43	29	0,17	13,24	0,00	0,68	0,56	93	29	0,20	13,42	0,00	0,72	0,67
43	30	0,13	16,26	0,00	0,62	0,42	93	30	0,12	14,70	0,00	0,61	0,40
44	1	0,07	17,17	0,00	0,54	0,22	94	1	0,61	7,77	0,45	0,84	0,98

44	2	0,18	16,55	0,00	0,69	0,61	94	2	0,10	18,21	0,00	0,58	0,33
44	3	0,14	16,94	0,00	0,63	0,45	94	3	0,19	13,93	0,00	0,71	0,64
44	4	0,18	12,60	0,00	0,69	0,60	94	4	0,23	16,38	0,00	0,76	0,77
44	5	0,22	12,39	0,00	0,75	0,74	94	5	0,22	14,13	0,00	0,74	0,72
44	6	0,13	14,45	0,00	0,63	0,44	94	6	0,14	16,46	0,00	0,63	0,46
44	7	0,14	12,22	0,00	0,63	0,46	94	7	0,23	10,81	0,00	0,75	0,75
44	8	0,22	13,21	0,00	0,74	0,73	94	8	0,08	14,94	0,00	0,56	0,27
44	9	0,13	13,99	0,00	0,63	0,44	94	9	0,14	15,71	0,00	0,63	0,46
44	10	0,20	13,58	0,00	0,71	0,65	94	10	0,24	10,78	0,00	0,77	0,80
44	11	0,16	16,12	0,00	0,66	0,53	94	11	0,21	14,47	0,00	0,73	0,69
44	12	0,14	10,65	0,01	0,63	0,44	94	12	0,24	13,69	0,00	0,77	0,81
44	13	0,18	12,77	0,00	0,69	0,61	94	13	0,19	11,50	0,00	0,71	0,64
44	14	0,20	11,56	0,00	0,72	0,67	94	14	0,22	11,05	0,01	0,73	0,69
44	15	0,17	13,70	0,00	0,68	0,57	94	15	0,13	12,71	0,00	0,63	0,45
44	16	0,18	14,35	0,00	0,69	0,60	94	16	0,17	13,76	0,00	0,68	0,57
44	17	0,14	13,61	0,00	0,63	0,46	94	17	0,09	15,24	0,00	0,58	0,31
44	18	0,08	16,47	0,00	0,55	0,25	94	18	0,25	9,95	0,05	0,75	0,74
44	19	0,14	15,08	0,00	0,63	0,46	94	19	0,06	15,15	0,00	0,53	0,20
44	20	0,24	12,62	0,00	0,77	0,81	94	20	0,26	15,56	0,00	0,79	0,86
44	21	0,17	17,05	0,00	0,67	0,56	94	21	0,38	9,04	0,20	0,77	0,80
44	22	0,21	14,82	0,00	0,73	0,70	94	22	0,10	17,04	0,00	0,58	0,34
44	23	0,15	13,35	0,00	0,65	0,50	94	23	0,14	15,94	0,00	0,64	0,48
44	24	0,15	13,79	0,00	0,65	0,50	94	24	0,05	17,06	0,00	0,51	0,15
44	25	0,00	23,39	0,00	0,40	0,00	94	25	0,09	15,64	0,00	0,57	0,29
44	26	0,19	12,40	0,00	0,70	0,64	94	26	0,19	14,10	0,00	0,71	0,64
44	27	0,11	12,45	0,00	0,60	0,36	94	27	0,03	18,60	0,00	0,49	0,09
44	28	0,06	14,01	0,00	0,52	0,18	94	28	0,05	19,15	0,00	0,51	0,15
44	29	0,17	13,80	0,00	0,67	0,55	94	29	0,29	12,14	0,00	0,83	0,95
44	30	0,31	9,46	0,16	0,71	0,65	94	30	0,19	12,59	0,00	0,70	0,62
45	1	0,16	12,69	0,00	0,66	0,53	95	1	0,05	19,79	0,00	0,52	0,18
45	2	0,06	15,13	0,00	0,54	0,22	95	2	0,13	15,07	0,00	0,62	0,43
45	3	0,01	15,56	0,00	0,46	0,03	95	3	0,17	14,14	0,00	0,67	0,56
45	4	0,14	11,16	0,02	0,61	0,41	95	4	0,13	19,45	0,00	0,62	0,42
45	5	0,43	8,33	0,33	0,71	0,65	95	5	0,27	10,02	0,07	0,75	0,74
45	6	0,20	15,41	0,00	0,72	0,67	95	6	0,11	14,92	0,00	0,60	0,38
45	7	0,22	15,67	0,00	0,74	0,73	95	7	0,08	17,20	0,00	0,56	0,27
45	8	0,21	13,38	0,00	0,73	0,70	95	8	0,05	18,17	0,00	0,52	0,16
45	9	0,26	10,93	0,06	0,74	0,71	95	9	0,15	15,37	0,00	0,65	0,51
45	10	0,34	9,74	0,15	0,76	0,77	95	10	0,13	14,36	0,00	0,62	0,42
45	11	0,05	20,24	0,00	0,52	0,17	95	11	0,10	14,11	0,00	0,58	0,32
45	12	0,14	12,95	0,00	0,64	0,48	95	12	0,20	13,82	0,00	0,71	0,65
45	13	0,00	18,32	0,00	0,45	0,01	95	13	0,05	19,08	0,00	0,52	0,17
45	14	0,06	15,83	0,00	0,53	0,19	95	14	0,14	12,36	0,00	0,64	0,46
45	15	0,09	20,09	0,00	0,57	0,29	95	15	0,10	15,90	0,00	0,58	0,33
45	16	0,20	11,94	0,00	0,72	0,67	95	16	0,08	14,46	0,00	0,56	0,27
45	17	0,12	17,11	0,00	0,61	0,40	95	17	0,07	16,56	0,00	0,54	0,22
45	18	0,06	17,19	0,00	0,53	0,19	95	18	0,15	11,55	0,00	0,65	0,49
45	19	0,18	12,93	0,00	0,69	0,60	95	19	0,09	12,65	0,00	0,57	0,30
45	20	0,18	12,96	0,00	0,69	0,59	95	20	0,13	18,50	0,00	0,62	0,43
45	21	0,19	12,35	0,00	0,70	0,63	95	21	0,12	15,06	0,00	0,61	0,40
45	22	0,16	14,29	0,00	0,66	0,52	95	22	0,22	10,87	0,12	0,63	0,46
45	23	0,18	12,95	0,00	0,68	0,58	95	23	0,09	13,39	0,00	0,57	0,30
45	24	0,17	13,52	0,00	0,68	0,58	95	24	0,14	12,64	0,00	0,64	0,47
45	25	0,07	13,36	0,00	0,55	0,24	95	25	0,09	13,82	0,00	0,58	0,31
45	26	0,07	13,49	0,00	0,54	0,23	95	26	0,17	10,93	0,00	0,68	0,57
45	27	0,00	20,14	0,00	0,43	0,00	95	27	0,12	15,67	0,00	0,61	0,41
45	28	0,13	16,20	0,00	0,63	0,44	95	28	0,21	12,58	0,00	0,74	0,71
45	29	0,11	17,54	0,00	0,59	0,35	95	29	0,26	13,15	0,00	0,79	0,86
45	30	0,90	5,32	0,87	0,84	0,97	95	30	0,23	14,02	0,00	0,76	0,77
46	1	0,27	10,80	0,06	0,75	0,75	96	1	0,12	17,21	0,00	0,61	0,40
46	2	0,14	16,64	0,00	0,63	0,46	96	2	0,04	14,75	0,00	0,50	0,13
46	3	0,03	19,34	0,00	0,49	0,10	96	3	0,06	19,29	0,00	0,53	0,21
46	4	0,16	10,85	0,00	0,67	0,54	96	4	0,11	17,77	0,00	0,60	0,37
46	5	0,12	15,04	0,00	0,62	0,41	96	5	0,12	13,51	0,00	0,61	0,40
46	6	0,21	10,93	0,06	0,67	0,56	96	6	0,09	14,22	0,00	0,57	0,30
46	7	0,13	17,03	0,00	0,62	0,42	96	7	0,17	11,57	0,00	0,68	0,58
46	8	0,07	19,12	0,00	0,54	0,23	96	8	0,14	16,62	0,00	0,63	0,46
46	9	0,10	15,45	0,00	0,58	0,33	96	9	0,11	15,28	0,00	0,60	0,38
46	10	0,07	17,54	0,00	0,55	0,24	96	10	0,26	14,73	0,00	0,80	0,88
46	11	0,20	14,19	0,00	0,72	0,67	96	11	0,14	15,85	0,00	0,64	0,47
46	12	0,20	14,65	0,00	0,71	0,66	96	12	0,17	14,26	0,00	0,67	0,55
46	13	0,09	17,94	0,00	0,57	0,31	96	13	0,06	18,14	0,00	0,53	0,19
46	14	0,18	16,78	0,00	0,69	0,59	96	14	0,29	9,78	0,11	0,74	0,71
46	15	0,09	14,13	0,00	0,58	0,31	96	15	0,14	13,01	0,00	0,63	0,46
46	16	0,12	14,02	0,00	0,60	0,38	96	16	0,05	16,88	0,00	0,51	0,16
46	17	0,20	16,61	0,00	0,71	0,66	96	17	0,14	12,94	0,00	0,64	0,48
46	18	0,22	13,04	0,00	0,74	0,72	96	18	0,18	17,09	0,00	0,69	0,59
46	19	0,06	17,63	0,00	0,53	0,19	96	19	0,15	11,19	0,01	0,65	0,49
46	20	0,04	16,24	0,00	0,51	0,14	96	20	0,20	15,40	0,00	0,72	0,67
46	21	0,15	13,57	0,00	0,65	0,51	96	21	0,41	9,74	0,16	0,88	1,00
46	22	0,18	13,34	0,00	0,69	0,60	96	22	0,68	6,74	0,65	0,75	0,76

46	23	0,07	16,95	0,00	0,54	0,23	96	23	0,09	15,78	0,00	0,57	0,29
46	24	0,17	13,25	0,00	0,68	0,57	96	24	0,21	12,24	0,00	0,74	0,71
46	25	0,09	14,94	0,00	0,57	0,30	96	25	0,13	15,79	0,00	0,63	0,44
46	26	0,17	15,60	0,00	0,68	0,57	96	26	0,16	15,10	0,00	0,66	0,52
46	27	0,19	13,69	0,00	0,70	0,62	96	27	0,08	15,03	0,00	0,56	0,28
46	28	0,07	18,52	0,00	0,54	0,24	96	28	0,12	16,01	0,00	0,61	0,39
46	29	0,07	19,12	0,00	0,54	0,23	96	29	0,12	14,36	0,00	0,60	0,39
46	30	0,19	13,05	0,00	0,70	0,63	96	30	0,16	17,06	0,00	0,66	0,52
47	1	0,20	12,69	0,00	0,72	0,67	97	1	0,14	12,31	0,00	0,63	0,46
47	2	0,16	11,67	0,01	0,65	0,51	97	2	0,03	18,14	0,00	0,48	0,08
47	3	0,17	12,88	0,00	0,68	0,58	97	3	0,16	12,48	0,00	0,66	0,54
47	4	0,13	15,40	0,00	0,63	0,45	97	4	0,17	17,49	0,00	0,67	0,55
47	5	0,13	12,36	0,00	0,63	0,44	97	5	0,13	15,39	0,00	0,62	0,43
47	6	0,05	16,43	0,00	0,52	0,18	97	6	0,23	10,82	0,02	0,74	0,73
47	7	0,17	16,60	0,00	0,68	0,58	97	7	0,08	17,94	0,00	0,55	0,26
47	8	0,10	12,47	0,00	0,59	0,34	97	8	0,16	15,49	0,00	0,67	0,54
47	9	0,08	15,36	0,00	0,56	0,27	97	9	0,15	12,15	0,00	0,65	0,51
47	10	0,17	11,06	0,00	0,67	0,56	97	10	0,21	13,66	0,00	0,73	0,69
47	11	0,16	16,70	0,00	0,67	0,55	97	11	0,45	7,96	0,41	0,67	0,54
47	12	0,19	11,99	0,00	0,70	0,62	97	12	0,16	14,34	0,00	0,67	0,55
47	13	0,23	14,42	0,00	0,76	0,77	97	13	0,14	14,64	0,00	0,64	0,48
47	14	0,07	15,21	0,00	0,54	0,22	97	14	0,25	12,29	0,00	0,78	0,83
47	15	0,08	17,87	0,00	0,55	0,26	97	15	0,16	16,16	0,00	0,66	0,53
47	16	0,31	9,31	0,15	0,73	0,70	97	16	0,08	17,23	0,00	0,56	0,26
47	17	0,34	10,29	0,06	0,85	0,99	97	17	0,28	10,03	0,07	0,76	0,76
47	18	0,20	12,70	0,00	0,71	0,66	97	18	0,18	14,27	0,00	0,69	0,59
47	19	0,18	13,59	0,00	0,70	0,62	97	19	0,13	13,71	0,00	0,63	0,44
47	20	0,18	13,65	0,00	0,68	0,58	97	20	0,09	16,87	0,00	0,57	0,30
47	21	0,24	12,92	0,00	0,77	0,81	97	21	0,00	18,78	0,00	0,45	0,00
47	22	0,15	11,69	0,00	0,65	0,50	97	22	0,14	15,94	0,00	0,63	0,46
47	23	0,08	15,58	0,00	0,56	0,28	97	23	0,12	15,24	0,00	0,61	0,40
47	24	0,10	13,94	0,00	0,59	0,34	97	24	0,09	11,76	0,00	0,57	0,29
47	25	0,24	12,02	0,00	0,76	0,79	97	25	0,55	7,76	0,45	0,76	0,77
47	26	0,23	14,19	0,00	0,76	0,77	97	26	0,22	14,50	0,00	0,74	0,72
47	27	0,11	15,42	0,00	0,60	0,38	97	27	0,06	15,91	0,00	0,53	0,20
47	28	0,12	16,07	0,00	0,61	0,40	97	28	0,18	11,53	0,01	0,68	0,58
47	29	0,15	19,28	0,00	0,64	0,48	97	29	0,07	15,83	0,00	0,54	0,23
47	30	0,09	16,46	0,00	0,57	0,30	97	30	0,22	10,56	0,05	0,69	0,61
48	1	0,36	9,63	0,19	0,75	0,76	98	1	0,13	11,90	0,00	0,62	0,43
48	2	0,30	10,10	0,06	0,79	0,86	98	2	0,15	14,82	0,00	0,65	0,50
48	3	0,11	19,02	0,00	0,60	0,37	98	3	0,27	10,45	0,03	0,78	0,82
48	4	0,10	14,86	0,00	0,59	0,35	98	4	0,21	14,01	0,00	0,73	0,70
48	5	0,15	15,52	0,00	0,65	0,50	98	5	0,12	17,36	0,00	0,61	0,40
48	6	0,08	16,49	0,00	0,56	0,26	98	6	0,16	15,44	0,00	0,67	0,54
48	7	0,20	13,28	0,00	0,72	0,68	98	7	0,24	13,53	0,00	0,77	0,80
48	8	0,19	15,53	0,00	0,70	0,63	98	8	0,12	13,11	0,00	0,61	0,41
48	9	0,14	13,12	0,00	0,64	0,47	98	9	0,11	13,23	0,00	0,60	0,37
48	10	0,08	14,43	0,00	0,56	0,28	98	10	0,17	16,33	0,00	0,67	0,56
48	11	0,09	17,93	0,00	0,57	0,31	98	11	0,15	13,90	0,00	0,64	0,48
48	12	0,12	17,82	0,00	0,61	0,39	98	12	0,08	17,04	0,00	0,56	0,27
48	13	0,05	18,55	0,00	0,51	0,16	98	13	0,14	15,71	0,00	0,63	0,45
48	14	0,07	15,36	0,00	0,54	0,22	98	14	0,24	10,12	0,14	0,65	0,49
48	15	0,13	15,04	0,00	0,62	0,42	98	15	0,09	17,05	0,00	0,57	0,31
48	16	0,09	17,54	0,00	0,57	0,29	98	16	0,13	13,60	0,00	0,62	0,43
48	17	0,10	13,77	0,00	0,58	0,33	98	17	0,17	13,16	0,00	0,67	0,55
48	18	0,18	13,18	0,00	0,69	0,60	98	18	0,11	18,17	0,00	0,60	0,38
48	19	0,17	15,31	0,00	0,67	0,56	98	19	0,15	15,20	0,00	0,65	0,50
48	20	0,23	10,89	0,05	0,71	0,65	98	20	0,18	14,09	0,00	0,69	0,59
48	21	0,17	13,79	0,00	0,68	0,58	98	21	0,18	12,99	0,00	0,70	0,61
48	22	0,19	16,27	0,00	0,70	0,62	98	22	0,12	12,67	0,00	0,61	0,40
48	23	0,09	13,37	0,00	0,58	0,32	98	23	0,17	15,92	0,00	0,68	0,58
48	24	0,19	15,38	0,00	0,70	0,62	98	24	0,03	16,78	0,00	0,50	0,11
48	25	0,13	14,65	0,00	0,62	0,43	98	25	0,15	13,46	0,00	0,65	0,50
48	26	0,16	14,11	0,00	0,67	0,55	98	26	0,11	14,65	0,00	0,60	0,37
48	27	0,00	21,78	0,00	0,42	0,00	98	27	0,12	12,09	0,00	0,61	0,40
48	28	0,28	10,84	0,10	0,73	0,70	98	28	0,12	16,39	0,00	0,61	0,40
48	29	0,28	12,49	0,00	0,82	0,93	98	29	0,21	14,56	0,00	0,73	0,70
48	30	0,16	16,02	0,00	0,67	0,54	98	30	0,21	13,21	0,00	0,73	0,71
49	1	0,25	14,47	0,00	0,78	0,82	99	1	0,29	9,32	0,14	0,71	0,65
49	2	0,07	14,38	0,00	0,54	0,23	99	2	0,20	11,18	0,02	0,69	0,60
49	3	0,16	16,81	0,00	0,67	0,54	99	3	0,17	14,09	0,00	0,68	0,56
49	4	0,14	15,65	0,00	0,64	0,48	99	4	0,19	13,52	0,00	0,71	0,64
49	5	0,25	11,26	0,00	0,79	0,85	99	5	0,16	16,08	0,00	0,67	0,55
49	6	0,16	11,08	0,04	0,62	0,44	99	6	0,17	13,17	0,00	0,68	0,58
49	7	0,20	14,67	0,00	0,72	0,67	99	7	0,13	14,20	0,00	0,63	0,45
49	8	0,21	15,82	0,00	0,73	0,69	99	8	0,12	15,97	0,00	0,60	0,38
49	9	0,21	11,55	0,00	0,73	0,69	99	9	0,14	16,62	0,00	0,64	0,48
49	10	0,21	13,36	0,00	0,73	0,70	99	10	0,05	17,89	0,00	0,52	0,17
49	11	0,09	17,62	0,00	0,57	0,29	99	11	0,10	16,01	0,00	0,58	0,32
49	12	0,13	16,55	0,00	0,63	0,45	99	12	0,15	15,73	0,00	0,65	0,51
49	13	0,00	22,76	0,00	0,39	0,00	99	13	0,06	16,74	0,00	0,53	0,19

49	14	0,18	14,22	0,00	0,70	0,61	99	14	0,16	12,74	0,00	0,66	0,53
49	15	0,18	14,04	0,00	0,68	0,59	99	15	0,14	13,62	0,00	0,64	0,47
49	16	0,07	15,94	0,00	0,54	0,22	99	16	0,10	15,33	0,00	0,58	0,33
49	17	0,22	10,03	0,05	0,70	0,63	99	17	0,19	16,40	0,00	0,71	0,64
49	18	0,24	13,04	0,00	0,77	0,79	99	18	0,18	12,48	0,00	0,69	0,60
49	19	0,12	13,76	0,00	0,61	0,41	99	19	0,62	7,43	0,51	0,80	0,87
49	20	0,17	13,85	0,00	0,68	0,56	99	20	0,15	12,90	0,00	0,66	0,52
49	21	0,11	17,59	0,00	0,59	0,36	99	21	0,19	15,91	0,00	0,70	0,63
49	22	0,17	10,85	0,00	0,68	0,57	99	22	0,11	12,49	0,00	0,59	0,36
49	23	0,15	13,25	0,00	0,66	0,52	99	23	0,25	9,96	0,06	0,72	0,68
49	24	0,12	14,28	0,00	0,61	0,40	99	24	0,19	11,48	0,00	0,71	0,64
49	25	0,17	12,73	0,00	0,68	0,58	99	25	0,14	15,95	0,00	0,63	0,46
49	26	0,17	14,52	0,00	0,67	0,56	99	26	0,40	9,69	0,15	0,84	0,97
49	27	0,15	12,14	0,00	0,65	0,49	99	27	0,19	17,26	0,00	0,70	0,62
49	28	0,20	10,30	0,07	0,65	0,51	99	28	0,19	11,56	0,00	0,70	0,63
49	29	0,15	16,10	0,00	0,65	0,49	99	29	0,15	13,87	0,00	0,66	0,52
49	30	0,11	16,12	0,00	0,60	0,36	99	30	0,05	18,25	0,00	0,52	0,17
50	1	0,21	15,03	0,00	0,73	0,71	100	1	0,22	16,75	0,00	0,74	0,72
50	2	0,13	16,30	0,00	0,62	0,43	100	2	0,04	16,97	0,00	0,51	0,15
50	3	0,15	16,26	0,00	0,65	0,51	100	3	0,15	12,02	0,00	0,66	0,51
50	4	0,26	12,43	0,00	0,79	0,86	100	4	0,16	11,85	0,08	0,59	0,34
50	5	0,14	15,55	0,00	0,64	0,46	100	5	0,43	9,08	0,28	0,76	0,79
50	6	0,10	15,25	0,00	0,58	0,33	100	6	0,10	18,22	0,00	0,59	0,34
50	7	0,21	11,83	0,00	0,73	0,69	100	7	0,27	10,58	0,11	0,70	0,63
50	8	0,18	15,94	0,00	0,69	0,59	100	8	0,11	16,11	0,00	0,59	0,36
50	9	0,29	10,12	0,08	0,77	0,79	100	9	0,14	13,37	0,00	0,64	0,48
50	10	0,70	6,23	0,66	0,77	0,79	100	10	0,15	15,13	0,00	0,66	0,51
50	11	0,22	13,31	0,00	0,75	0,74	100	11	0,07	20,17	0,00	0,54	0,22
50	12	0,27	12,06	0,00	0,81	0,89	100	12	0,20	14,15	0,00	0,72	0,66
50	13	0,13	12,92	0,00	0,62	0,43	100	13	0,09	16,29	0,00	0,58	0,31
50	14	0,18	11,37	0,00	0,69	0,60	100	14	0,15	15,75	0,00	0,66	0,51
50	15	0,12	13,25	0,00	0,61	0,39	100	15	0,09	13,91	0,00	0,57	0,30
50	16	0,15	10,67	0,01	0,64	0,47	100	16	0,20	10,45	0,01	0,71	0,65
50	17	0,13	18,38	0,00	0,62	0,42	100	17	0,09	12,86	0,00	0,57	0,30
50	18	0,27	10,42	0,10	0,71	0,65	100	18	0,11	12,60	0,00	0,59	0,35
50	19	0,13	13,21	0,00	0,63	0,44	100	19	0,05	15,05	0,00	0,51	0,16
50	20	0,17	15,89	0,00	0,68	0,56	100	20	0,15	12,23	0,00	0,65	0,49
50	21	0,12	14,96	0,00	0,62	0,41	100	21	0,16	16,13	0,00	0,67	0,55
50	22	0,16	13,26	0,00	0,67	0,55	100	22	0,13	12,76	0,00	0,63	0,44
50	23	0,16	17,65	0,00	0,66	0,53	100	23	0,33	9,21	0,16	0,74	0,73
50	24	0,14	12,67	0,00	0,63	0,45	100	24	0,14	14,69	0,00	0,63	0,45
50	25	0,04	16,29	0,00	0,51	0,15	100	25	0,16	12,67	0,00	0,67	0,55
50	26	0,18	13,80	0,00	0,69	0,60	100	26	0,08	14,86	0,00	0,55	0,25
50	27	0,10	17,81	0,00	0,59	0,35	100	27	0,11	12,48	0,00	0,60	0,37
50	28	0,20	13,89	0,00	0,72	0,67	100	28	0,13	15,88	0,00	0,62	0,43
50	29	0,30	13,31	0,00	0,86	1,00	100	29	0,10	16,62	0,00	0,58	0,32
50	30	0,25	11,88	0,00	0,78	0,82	100	30	0,22	14,65	0,00	0,75	0,74



### **Załącznik 3** Algorytm optymalizujący w Visual Basic for Application

```
Dim kn(9), bn(9), b(9) As Integer
Dim var1 As Integer, var2 As Integer, var3 As Integer, var4 As Integer, var5 As Integer, var6 As Integer, var7 As Integer, var8 As Integer, var9 As Integer, var10 As Integer, var11 As Integer, var12 As Integer
Dim funkcjaK As Double
Dim operacjeST(20) As Integer
Dim stanowiskoRnd(7, 100) As Integer
Dim iloscChr As Integer
Dim best As Double
Dim tablica(300, 15) As Double
Dim czasprzejscia As Double
Dim efektywnosc As Double
Dim fczasprzejscia As Double
Dim fefektywnosc As Double
Dim Kmax, PrMuZ As Double
Dim chr As String
Dim aktChr, iloscRep As Integer, repli As Integer
Dim funkcjaKryt As Double
Dim opcja As Integer, losowan As Integer, bezZmian As Integer
Dim beststr As String
Dim tardiness As Double, tardiness2 As Double
Dim kryterium As String
Dim wspIPrzyst As Double, przysPop As Double
Dim oExcelapp As Excel.Application, oWorkbook As Excel.Workbook, oWorksheet As Excel.Worksheet
Dim rep As Long, koniec1 As Long, zmiana As Integer
Dim wspIWIP As Double
Dim mrowka(9) As Integer
Dim fer(15, 15) As Double, Dystr(15, 15) As Double
Dim suma As Double
Dim wzmocnienie(15, 15) As Double
Dim wzmocnienie2(15, 15) As Double
Dim wzmoc As Double
Dim wzmocnieniei As Integer
Dim wyniki(1000000, 10) As Double
Dim mrowki(200, 15) As Integer
Dim lBest(1000000, 15) As Integer
Dim pBest(15) As Integer
Dim lBest As Double
Dim licznikl As Integer
Dim populacja As Integer
Dim pop As Integer
Dim zanik As Double
Dim wzmocnienieBest As Double
Dim wzmocnienielt As Double
Dim Q As Double
Dim fk(15) As Double
Dim fkr As Double
Dim fer1(15, 15) As Double
Dim zmiانا As Integer
```

```

Dim q1 As Double
Dim q0 As Double
Dim q3 As Double
Dim najfer As Double
Dim rozw As Integer
Dim fer2(15, 15) As Double
Dim fer3(15, 15) As Double
Dim warfer As Double
Dim ferst(15, 15)
Dim itbesttxt As String
Dim stopf As Integer

Private Sub ModelLogic_DocumentOpen()
    form.Show
    funkcja1
    ThisDocument.Model.Go
End Sub

Private Sub ModelLogic_RunBeginReplication()
    For i = 1 To 6
        For j = 1 To 50
            st = ThisDocument.Model.SIMAN.SymbolNumber("stanowiska", i, j)
            ThisDocument.Model.SIMAN.VariableArrayValue(st) = stanowiskoRnd(i, j)
            Debug.Print "i: " & i & "j: " & j & "stanowisko: " & stanowiskoRnd(i, j)
        Next j
    Next i
End Sub

Public Sub ModelLogic_RunBeginSimulation()
    Dim s As SIMAN
    Dim i As Integer
    Set s = ThisDocument.Model.SIMAN
    mrowka(5) = 50
    For i = 1 To 6
        For j = 1 To 50
            stanowiskoRnd(i, j) = 0
        Next j
    Next i
    operacjeST(0) = 0
    For i = 1 To 6
        operacjeST(i) = operacjeST(i - 1) + mrowki(licznikI, i - 1)
    Next i
    operacjeST(7) = 50
    For i = 1 To 6
        For j = operacjeST(i) To operacjeST(i + 1)
            If j > 50 Then
                Exit For
            Else
                stanowiskoRnd(i, j) = 1
            End If
        Next j
    Next i

```

```

Next i

If s.RunCurrentReplication > 7 Then
    ThisDocument.Model.End
    ThisDocument.Model.Go
End If
With oWorksheet
    .Activate
    For i = 0 To 4
        .Cells(i + 2, 16) = mrowki(licznikI, i)
    Next i
End With
End Sub

Private Sub ModelLogic_RunEndReplication()
    Dim s As SIMAN
    Dim i, m, W, l, k, it As Integer

    If ThisDocument.Model.SIMAN.RunCurrentReplication = 4 Then
        ThisDocument.Model.End
        ThisDocument.Model.Go
    End If
    Dim cyklBook As Double, cyklL As Double, cyklBr As Double, aWIP As Double, bWIP As
    Double, cWIP As Double, WIPC As Double, tardiness As Double
    Dim bestPop As Double, shet As Double
    Dim pkA As Integer, pkB As Integer
    Dim templider(10, 10) As Integer
    Dim WIPnorm As Double, uWIP As Double, brWIP As Double, kWIP As Double
    Set s = ThisDocument.Model.SIMAN
    For i = 1 To 6
        For j = 1 To 50
            st = ThisDocument.Model.SIMAN.SymbolNumber("stanowiska", i, j)
            ThisDocument.Model.SIMAN.VariableArrayValue(st) = stanowiskoRnd(i, j)
        Next j
    Next i
    If opcja = 1 Then
        tardiness = -(s.EntitiesNumberOutOfType(1))
        If cyklLmax > cyklBrmax Then
            cyklTemp = cyklLmax
        Else:
            cyklTemp = cyklBrmax
        End If
        If cyklTemp < cyklBookmax Then
            cyklTemp = cyklBookmax
        End If
        If cyklTpmax > cyklTboxmax Then
            cyklTemp2 = cyklTpmax
        Else
            cyklTemp2 = cyklTboxmax
        End If

        If cyklTemp2 > cyklTemp Then

```

```

        cyklTemp = cyklTemp2
    End If
    If pop = 0 Then
End If
    cyklMax = cyklTemp
    czasprzejscia = s.TallyAverage(s.SymbolNumber("ttime1")) / 24
    If czasprzejscia < 10 Then
        fczasprzejscia = 1
    Else
        If czasprzejscia < 15 Then
            fczasprzejscia = (15 - czasprzejscia) / 5

        Else
            fczasprzejscia = 0.0001
        End If
    End If
    If s.DStatAverage(s.SymbolNumber("rs6")) > 0 Then
        efektywnosc = (s.DStatAverage(s.SymbolNumber("rs1")) +
            s.DStatAverage(s.SymbolNumber("rs2")) + s.DStatAverage(s.SymbolNumber("rs3")) +
            s.DStatAverage(s.SymbolNumber("rs4")) + s.DStatAverage(s.SymbolNumber("rs5")) +
            s.DStatAverage(s.SymbolNumber("rs6"))) / 6
    Else
        efektywnosc = (s.DStatAverage(s.SymbolNumber("rs1")) +
            s.DStatAverage(s.SymbolNumber("rs2")) + s.DStatAverage(s.SymbolNumber("rs3")) +
            s.DStatAverage(s.SymbolNumber("rs4")) + s.DStatAverage(s.SymbolNumber("rs5"))) /
            5
    End If
    If efektywnosc > 0.85 Then
        fefektywnosc = 1
    Else
        If efektywnosc > 0.45 Then
            fefektywnosc = (efektywnosc - 0.45) / 0.4
        Else
            fefektywnosc = 0.0001
        End If
    End If
    funkcjaK = -((0.7 * fczasprzejscia) + (0.3 * fefektywnosc))
    WIP = WIPC / wspIWIP
    Select Case kryterium:
    Case "Mean tardiness"
        tablica(s.RunCurrentReplication, 0) = funkcjaK
    Case "Max tardiness"
        tablica(s.RunCurrentReplication, 0) = tardiness2
    Case "Mean flow"
        tablica(s.RunCurrentReplication, 0) = cyklSuma
    Case "Max flow"
        tablica(s.RunCurrentReplication, 0) = cyklMax
    End Select
    End If
    tablica(s.RunCurrentReplication, 1) = -tardiness

```

```

tablica(s.RunCurrentReplication, 2) = czasprzejscia ' + s.ResourceIdleCost(2) +
s.ResourceIdleCos(3) + s.ResourceIdleCost(4) + s.ResourceIdleCost(5) + s.ResourceIdleCost(6)
+ s.ResourceIdleCost(7)
tablica(s.RunCurrentReplication, 3) = s.TallyMaximum(s.SymbolNumber("ttime1")) / 24
tablica(s.RunCurrentReplication, 4) = fczasprzejscia
tablica(s.RunCurrentReplication, 5) = efektywnosc
tablica(s.RunCurrentReplication, 6) = fefektywnosc
tablica(s.RunCurrentReplication, 7) = 0
tablica(s.RunCurrentReplication, 8) = 0
If s.RunCurrentReplication = repli Then
    With oWorksheet
        .Activate
        j = 0
        For i = rep + 1 - repli To rep
            j = j + 1
            .Cells(i + 1, 1).value = tablica(j, 0)
            .Cells(i + 1, 2).value = tablica(j, 1)
            .Cells(i + 1, 3).value = tablica(j, 2)
            .Cells(i + 1, 4).value = tablica(j, 3)
            .Cells(i + 1, 5).value = tablica(j, 4)
            .Cells(i + 1, 6).value = tablica(j, 5)
            .Cells(i + 1, 7).value = tablica(j, 6)
            .Cells(i + 1, 8).value = tablica(j, 7)
            .Cells(i + 1, 9).value = operacjeST(1) & " ; " & operacjeST(2) & " ; " &
operacjeST(3) & " ; " & operacjeST(4) & " ; " & operacjeST(5) & " ; " &
operacjeST(6)
            .Cells(i + 1, 10).value = var1 & " ; " & var2 & " ; " & var3 & " ; " & var4
& " ; " & var5 & " "
            .Cells(i + 1, 1).value = tablica(j, 0)
            .Cells(i + 1, 36).value = s.DStatAverage(s.SymbolNumber("rs1"))
            .Cells(i + 1, 37).value = s.DStatAverage(s.SymbolNumber("rs2"))
            .Cells(i + 1, 38).value = s.DStatAverage(s.SymbolNumber("rs3"))
            .Cells(i + 1, 39).value = s.DStatAverage(s.SymbolNumber("rs4"))
            .Cells(i + 1, 40).value = s.DStatAverage(s.SymbolNumber("rs5"))
            .Cells(i + 1, 41).value = s.DStatAverage(s.SymbolNumber("rs6"))
        Next i
        i = rep
        srednia = 0
        j = j + 1
        For k = 1 To s.RunCurrentReplication
            srednia = srednia + tablica(k, 0)
        Next k
        srednia = srednia / repli
        If form.generowanie.value = True And pop = 0 Then
            fk(licznikI) = srednia
        End If
        If pop = 0 And licznikI = 0 Then
            best = srednia
            Q = srednia
            fk(licznikI) = srednia

        For i = 0 To 11

```

```

        PBest(i) = mrowki(licznikI, i)
    Next i
End If
If licznikI = 0 Then
    itbesttxt = ""
    For i = 0 To 4
        IBest(pop, i) = mrowki(licznikI, i)
        itbesttxt = itbesttxt & mrowki(licznikI, i) & ";"
    Next i
    IBest(pop, 12) = srednia
    ItBest = srednia
End If
If ItBest > srednia Then
    itbesttxt = ""
    For i = 0 To 4
        IBest(pop, i) = mrowki(licznikI, i)
        itbesttxt = itbesttxt & mrowki(licznikI, i) & ";"
    Next i
    ItBest = srednia
    IBest(pop, 12) = srednia
End If
If srednia < best Then
    best = srednia
    For i = 0 To 4
        PBest(i) = mrowki(licznikI, i)
    Next i
    zmianaa = 0
End If
mrowki(licznikI, 9) = srednia
.Cells(rep + 1, 12).value = srednia
.Cells(rep + 1, 13).value = licznikI
.Cells(1, 15).value = best
For i = 0 To 4
    .Cells(i + 2, 15) = PBest(i)
Next i
    .Cells(1, 17).value = ItBest
For i = 0 To 4
    .Cells(i + 2, 17) = IBest(pop, i)
Next i
.Cells(pop + 2, 18).value = ItBest
.Cells(pop + 2, 19).value = itbesttxt
.Cells(1, 13).value = licznikI
.Cells(1, 14).value = pop
.Cells(1, 19).value = kryterium
.Cells(1, 22).value = q1
End With
End If
If licznikI = -1 And pop = 0 Then
    licznikI = populacja
    pop = 0
    For i = 0 To 4
        suma = 0

```

```

        For j = 0 To 8
            If licznikIt = 0 And pop = 0 Then
                Q = srednia
            End If
            fkr = fk(j)
            fkr = (Q * 3) / fkr
            ferst(i, j) = fkr
            fer(i, j) = fkr
            suma = suma + fer(i, j)
        Next j
        For j = 0 To 4
            fer1(i, j) = (fer1(i, j)) / suma
        Next j
    Next i
End If
If licznikIt = populacja And s.RunCurrentReplication = repli Then
    zமானaa = zமானaa + 1
    If zமானaa > 15 Then
        For i = 0 To 4
            For j = 0 To 8
                fer(i, j) = 3
            Next j
        Next i
        zமானaa = 0
    End If
    suma = 0
    For ii = 0 To 4
        For jj = 0 To 8
            wzmacnienie2(ii, jj) = ((1 - zanik) * wzmacnienie2(ii, jj)) +
            wzmacnienie(ii, jj)
        Next jj
    Next ii
End If
For i = 0 To 4
    suma = 0
    For j = 0 To 8
        wzmoc = wzmacnienie2(i, j)
        fer(i, j) = (0.9) * fer(i, j) + wzmoc
        If fer(i, j) < 1 Then
            fer(i, j) = 1
        End If
        If fer(i, j) > 30 Then
            fer(i, j) = 30
        End If
        fer2(i, j) = fer(i, j)
        suma = suma + fer(i, j)
    Next j
    For j = 0 To 11
        fer1(i, j) = (fer(i, j)) / suma
        If j = 0 Then
            Dystr(i, j) = fer1(i, j)
        Else:

```

```

        Dystr(i, j) = Dystr(i, j - 1) + fer1(i, j)
    End If
    If j = 0 Then
        roznica = Dystr(i, j)
    Else:
        roznica = Dystr(i, j) - Dystr(i, j - 1)
    End If
    With oWorksheet
        .Activate
        .Cells(j + 10, i + 22).value = roznica
        .Cells(j + 10, i + 30).value = wzmocnienie2(i, j)
        .Cells(j + 25, i + 22).value = fer1(i, j)
        .Cells(j + 25, i + 30) = fer(i, j)
    End With
    Next j
Next i
pop = pop + 1
End If
If s.RunCurrentReplication = repli Then
    liczniklt = liczniklt + 1
    If liczniklt = populacja + 1 Then
        liczniklt = 0
    End If
    If pop > 0 Then
        For i = 0 To 4
            suma = 0
            For j = 0 To 8
                suma = suma + fer2(i, j)
            Next j
            For j = 0 To 11
                fer3(i, j) = (fer2(i, j)) / suma
                If j = 0 Then
                    Dystr(i, j) = fer3(i, j)
                Else:
                    Dystr(i, j) = Dystr(i, j - 1) + fer3(i, j)
                End If
                If j = 0 Then
                    roznica = Dystr(i, j)
                Else:
                    roznica = Dystr(i, j) - Dystr(i, j - 1)
                End If
                With oWorksheet
                    .Activate
                    .Cells(j + 30, i + 22).value = fer3(i, j)
                    .Cells(j + 30, i + 30) = fer2(i, j)
                End With
            Next j
        Next i
        For i = 0 To 4
            q0 = Rnd * 100
            For i = 0 To 4
                mrowki(liczniklt, i) = 3 + Rnd * 9
            Next i
        Next i
    End If
End If

```



```

        Next i
        var1 = mrowki(licznikIt, 0)
        var2 = mrowki(licznikIt, 1)
        var3 = mrowki(licznikIt, 2)
        var4 = mrowki(licznikIt, 3)
        var5 = mrowki(licznikIt, 4)
        a = a + 1
        ThisDocument.Model.End
        rep = rep + 1
        ThisDocument.Model.Go
    Else:
        rep = rep + 1
    End If
End Sub

```

```

Private Sub ModelLogic_RunEndSimulation()
Sub funkcja1()
    Set oExcelapp = CreateObject("Excel.Application")
    oExcelapp.Visible = True
    oExcelapp.SheetsInNewWorkbook = 1
    Set oWorkbook = oExcelapp.Workbooks.Add
    Set oWorksheet = oWorkbook.ActiveSheet
    With oWorksheet
        .Activate
        .Cells(1, 1).value = "Funkcja kryterialna"
        .Cells(1, 2).value = "ilość wyprodukowana"
        .Cells(1, 3).value = "czas przejścia"
        .Cells(1, 4).value = "max czas przejścia"
        .Cells(1, 5).value = "fczas przejścia"
        .Cells(1, 6).value = "efektywnosc"
        .Cells(1, 7).value = "fefektywnosc"
        .Cells(1, 8).value = ""
        .Cells(1, 9).value = ""
    End With
    j = 1
    rep = 1
    opcja = 1
    przystPop = 0
    a = 1
    wspIWIP = 1
    wspPrzyst = 0
    populacja = form.populacja.value - 1
    repli = form.repli.value
    pop = 0
    kryterium = form.cb1.value
    zanik = 0.2
    licznikIt = 0
    zmianaa = 0
    q1 = form.prawdo.value
    For i = 0 To 8
        For j = 0 To 4
            fer(i, j) = 1 / 5

```

```

        Next j
    Next i
    For i = 0 To populacja
        For j = 0 To 11
            mrowki(i, j) = 3 + Rnd * 9
        Next j
    Next i
    For i = 0 To 8
        var1 = mrowki(0, i)
    Next i
    If form.generowanie.value = True Then
        For i = 0 To 4
            For j = 0 To 11
                mrowki(i, j) = i
            Next j
        Next i
    End If
    var1 = mrowki(licznikI, 0)
    var2 = mrowki(licznikI, 1)
    var3 = mrowki(licznikI, 2)
    var4 = mrowki(licznikI, 3)
    var5 = mrowki(licznikI, 4)
    wzmocnienieI = 0
End Sub

```

## STRESZCZENIE

Rozprawa doktorska koncentruje się na problemie zarządzania złożonymi procesami przetwarzającymi projekty w warunkach niepewności. Aktualnie obserwujemy wzrost znaczenia złożonych procesów przetwarzające projekty. Szybki rozwój technologii oraz wzrost konkurencji we współczesnym świecie powodują, że ponownego znaczenia nabierają pojęcia produkcji jednostkowej i personalizacji produktów. Stwarza to naturalną potrzebę naukową eksploracji tego obszaru oraz wypracowania rozwiązań modelowych i metodycznych dla tego obszaru

W pracy opracowano i zweryfikowaną autorską metodę wspomagającą zarządzanie złożonymi procesami przetwarzającymi projekty w warunkach niepewności. W tym celu wykorzystano aparat matematyczny pochodzący z obszaru badań operacyjnych ale również metod komputerowych, takich jak zawarte w sztucznej inteligencji metody przeszukiwania losowego i konstruowania funkcji heurystycznych. Dodatkowo wykorzystano modelowanie i symulację komputerową.

Praca wnosi do nauk o zarządzaniu i jakości sformalizowaną metodę pozwalającą na modelowanie złożonych procesów i ich optymalizację, która zawiera w sobie etapy od tworzenia modelu do otrzymania proponowanego rozwiązania optymalizującego proces w kierunku oczekiwanych wartości. Proponowane w pracy rozwiązanie polega na wykorzystaniu formalnych narzędzi do usprawnienia systemów wspomagających zarządzanie procesami złożonymi. W efekcie pozwala to zwiększyć zarówno konkurencyjność przedsiębiorstw jak i doskonalić istniejące w nich procesy.

W wymiarze praktycznym wartość dodaną pracy stanowi wykorzystanie równoważenia procesu produkcji jednostkowej z niepewnością. Jako cel optymalizacji uznano otrzymywanie oczekiwanych miar wydajności. Dodatkowo, opracowana metoda może stanowić podstawę metodyczną informatycznego systemu wspomagania zarządzania produkcją, co z kolei pozwoli na skuteczny i efektywny dobór parametrów sterujących procesem jednostkowym z zadaniem wyjściem.

## SUMMARY

The dissertation focuses on the problem of managing complex processes under uncertainty. Currently, there is an increase in the importance of complex processes processing projects. The rapid development of technology and the increase in competition in the modern world make the concepts of unit production and product personalization gain renewed importance. This creates a natural need for scientific exploration of this area and the development of model and methodological solutions for this area.

In this thesis, the author's method to support the management of complex processes processing projects under uncertainty was developed and verified. For this purpose, mathematical methods taking origins from the field of operations research but also computer methods, such as the methods of random search and construction of heuristic functions contained in artificial intelligence, were used. In addition, computer modeling and simulation methods were used.

The dissertation brings to the management sciences a formalized method that allows the modeling of complex processes and their optimization, which includes the steps from the creation of the model to the receipt of the proposed solution that optimizes the process towards the expected values. The solution proposed in the paper is to use formal tools to improve the systems supporting the management of complex processes. As a result, it makes it possible to increase both the competitiveness of enterprises and improve existing processes in them.

In practical terms, the added value of the work is the use of balancing the unit production process with uncertainty. Receiving the expected performance measures was considered as the goal of optimization. In addition, the developed method can provide a methodological basis for an information system for supporting production management, which in turn will allow the efficient and effective selection of parameters controlling the unit process with a set output.