

## Spis treści

|   |    |
|---|----|
| <b>Od Autora</b> . . . . .  | 9  |
| <b>Wstęp</b> . . . . .  | 11 |
| 1. Model . . . . .  | 12 |
| 2. Modele analogowe i cyfrowe . . . . .                                     | 12 |
| 3. Prognozowanie a symulacja . . . . .                                      | 14 |
| 4. Modele zdarzeń dyskretnych a modele procesów ciągłych . . . . .          | 14 |
| <b>Rozdział 1. Wprowadzenie do symulacji</b> . . . . .                      | 15 |
| 1.1. Wstęp . . . . .  | 15 |
| 1.2. Symulacja – przegląd definicji . . . . .                               | 16 |
| <b>Rozdział 2. Symulacja zdarzeń dyskretnych</b> . . . . .                  | 22 |
| 2.1. Przykład 1. Ocena kontraktu . . . . .                                  | 22 |
| 2.1.1. Eksperyment fizyczny . . . . .                                       | 23 |
| 2.1.2. Symulacja stochastyczna . . . . .                                    | 23 |
| 2.2. Metoda odwracania dystrybuanty . . . . .                               | 24 |
| 2.3. Zmienność z próby . . . . .  | 28 |
| 2.4. Przykład 2. Planowanie produkcji . . . . .                             | 29 |
| 2.4.1. Symulacja na kracie . . . . .  | 31 |
| 2.4.2. Podsumowanie symulacji na kracie za pomocą funkcji reakcji . . . . . | 34 |
| 2.5. Przykład 3. Symulacja dynamiczna – sterowanie zapasami . . . . .       | 40 |
| 2.6. Problemy symulacji dynamicznej . . . . .                               | 43 |
| 2.7. Symulacja w konwencji „termin następnego zdarzenia” . . . . .          | 44 |
| 2.8. Przykład 4. Kasjer . . . . .   | 45 |
| 2.8.1. Trzy fazy symulacji . . . . .  | 48 |
| 2.9. Alternatywne podejścia do symulacji zdarzeń dyskretnych . . . . .      | 54 |
| <b>Rozdział 3. Komputerowe generatory liczb losowych</b> . . . . .          | 57 |
| 3.1. Rozkład równomierny – generator fizyczny . . . . .                     | 57 |
| 3.2. Rozkład równomierny – generator komputerowy . . . . .                  | 59 |
| 3.3. Rozkład normalny (Gaussa) . . . . .                                    | 60 |
| 3.4. Rozkład logarytmiczno-normalny . . . . .                               | 60 |
| 3.5. Rozkład chi-kwadrat ( $\chi^2$ ) . . . . .                             | 61 |
| 3.6. Rozkład $t$ -Studenta . . . . .  | 61 |
| 3.7. Rozkład Pareto . . . . .   | 62 |
| 3.8. Rozkład wykładniczy . . . . .  | 62 |
| <b>Rozdział 4. Symulacja modeli ciągłych</b> . . . . .                      | 64 |
| 4.1. Wstęp . . . . .  | 64 |

|  |            |
|--|------------|
| 4.2. Modele ekonometryczne . . . . .   | 65         |
| 4.2.1. Jednorównaniowy model liniowy . . . . .   | 65         |
| 4.2.2. Prosta symulacja stochastyczna modelu jednorównaniowego . . . . .                     | 68         |
| 4.2.3. Wielorównaniowy model liniowy . . . . .   | 70         |
| 4.3. Rozwiązania modeli ekonometrycznych . . . . .   | 75         |
| 4.3.1. Rozwiązania a postacie modeli . . . . .   | 76         |
| 4.3.2. Rozwiązania równaniowe a rozwiązania systemowe . . . . .                              | 77         |
| 4.4. Symulacja deterministyczna modelu . . . . .   | 79         |
| 4.4.1. Metoda Gaussa–Seidela . . . . .   | 79         |
| 4.4.2. Symulacja deterministyczna w analizie własności modelu . . . . .                      | 81         |
| 4.5. Symulacja stochastyczna . . . . .   | 90         |
| 4.5.1. Dokładność symulacji stochastycznej . . . . .   | 91         |
| 4.5.2. Wybrane problemy losowania zaburzeń . . . . .   | 92         |
| 4.5.3. Symulacja Monte Carlo na współczynnikach . . . . .                                    | 95         |
| 4.5.4. Symulacja z reestymacją . . . . .   | 96         |
| 4.5.5. Losowość zmiennych egzogenicznych . . . . .   | 97         |
| <b>Rozdział 5. Prognozowanie – podstawowe pojęcia . . . . .</b>                              | <b>99</b>  |
| 5.1. Wstęp . . . . .   | 99         |
| 5.2. Podstawy prognozowania . . . . .  | 101        |
| 5.2.1. Prognozowanie strukturalne i niestructuralne . . . . .                                | 102        |
| 5.2.2. Etapy prognozowania . . . . .   | 103        |
| 5.2.3. Warunki prognozowania z modelu ekonometrycznego . . . . .                             | 104        |
| 5.2.4. Zasady prognozowania . . . . .  | 105        |
| 5.3. Prognozy ex post i ex ante oraz ich błędy . . . . .                                     | 107        |
| <b>Rozdział 6. Prognozowanie z modeli strukturalnych . . . . .</b>                           | <b>109</b> |
| 6.1. Prognozowanie z modeli jednorównaniowych . . . . .                                      | 109        |
| 6.1.1. Oczekiwany błąd prognozy w modelu z jedną zmienną objaśniającą . . . . .              | 109        |
| 6.1.2. Przedział ufności prognozy . . . . .  | 112        |
| 6.1.3. Oczekiwany błąd prognozy w modelu z wieloma zmiennymi objaśniającymi . . . . .        | 114        |
| 6.2. Prognozowanie na wiele okresów . . . . .  | 116        |
| 6.2.1. Prognoza z modelu statycznego . . . . .   | 116        |
| 6.2.2. Prognoza z modelu dynamicznego . . . . .  | 116        |
| 6.2.3. Prognozowanie na podstawie modeli wielorównaniowych . . . . .                         | 118        |
| 6.3. Prognozy z modeli nieliniowych i ich obciążenie . . . . .                               | 119        |
| 6.4. Symulacja stochastyczna w prognozowaniu z modeli nieliniowych . . . . .                 | 122        |
| 6.5. Symulacja stochastyczna modelu KOSMOS . . . . .   | 124        |
| <b>Rozdział 7. Prognozowanie przy wykorzystaniu modeli niestructuralnych . . . . .</b>       | <b>129</b> |
| 7.1. Naiwne metody prognozowania . . . . .   | 131        |
| 7.1.1. Naiwna prognoza bez zmian . . . . .   | 132        |
| 7.1.2. Naiwna prognoza z trendem liniowym . . . . .  | 132        |
| 7.1.3. Naiwna prognoza z trendem wykładniczym . . . . .                                      | 132        |
| 7.2. Metody filtracji w prognozowaniu . . . . .  | 133        |
| 7.2.1. Średnie ruchome skończone . . . . .   | 133        |
| 7.2.2. Metody wygładzania wykładniczego . . . . .  | 135        |
| 7.2.3. Proste wygładzanie wykładnicze (metoda Browna) . . . . .                              | 135        |
| 7.2.4. Wygładzanie wykładnicze z trendem liniowym i sezonowością (metoda Wintersa) . . . . . | 139        |

---

|   |            |
|---|------------|
| 7.2.5. Modele trendu . . . . .  | 144        |
| <b>Rozdział 8. Sztuczne sieci neuronowe w prognozowaniu . . . . .</b> | <b>151</b> |
| 8.1. Model sztucznego neuronu . . . . .                               | 152        |
| 8.2. Sieci neuronowe . . . . .  | 155        |
| 8.3. Sieć jednokierunkowa jednowarstwowa . . . . .                    | 156        |
| 8.4. Sieć jednokierunkowa wielowarstwowa . . . . .                    | 156        |
| 8.4.1. Sieć wielowarstwowa realizująca lub-rozłączne . . . . .        | 157        |
| 8.4.2. Uczenie sieci . . . . .  | 160        |
| 8.5. Sieć neuronowa a model ekonometryczny . . . . .                  | 162        |
| 8.6. Podsumowanie . . . . .   | 168        |
| <b>Bibliografia . . . . .</b>   | <b>169</b> |
| <b>Indeks rzeczowy . . . . .</b>                                      | <b>175</b> |