

## КЛАССИФИКАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Д.А. Новиков

**Аннотация.** Рассмотрены классификации систем управления по таким базовым основаниям, как: тип, цель и вид управления, модель объекта управления, время, изменение свойств объекта управления (ОУ) во времени, размерность входов и выходов, возмущения, неопределенность, число ОУ, способность приспособления к изменениям, распределенность одного ОУ, структура ОУ, число управляющих систем, структура системы управления (СУ), связи между управляющей и управляемой системами, автономность ОУ, использование знаний, проявления стратегического поведения. В качестве дополнительных оснований классификации предложено применять основания: средства управления, природа и «отраслевая» специфика объектов управления, а также функциональные свойства СУ и ОУ.

**Ключевые слова:** система управления, модель объекта управления, неопределенность, структура, оптимизация, стратегическое поведение.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Теория управления (дополнительные главы): учеб. пособие / под ред. Д.А. Новикова.* – М.: Ленанд, 2019. – 552 с. [Teoriya upravleniya (dopolnitel'nye glavy): ucheb. posobie / pod red. D.A. Novikova. – M.: Lenand, 2019. – 552 s. (In Russian)]
2. *Поляк Б.Т., Хлебников М.В., Рапопорт Л.Б.* Математическая теория автоматического управления. – М.: Ленанд, 2019. – 504 с. [Polyak, B.T., Khlebnikov, M.V., Rapoport, L.B. Matematicheskaya teoriya avtomaticheskogo upravleniya. – M.: Lenand, 2019. – 504 s. (In Russian)]
3. *Новиков Д.А.* Методология управления. – М.: ЛИБРОКОМ, 2011. – 128 с. [Novikov, D.A. Control Methodology. – N.Y. Nova Science Publishers, 2013. – 76 p.]
4. *Белов М.В., Новиков Д.А.* Методология комплексной деятельности. – М.: Ленанд, 2018. – 320 с. [Belov, M.V., Novikov, D.A. Metodologiya kompleksnoi deyatel'nosti. – M.: Lenand, 2018. – 320 s. (In Russian)]
5. *Новиков Д.А.* Теория управления организационными системами. – М.: Физматлит, 2012. – 604 с. [Novikov, D.A. Theory of Control in Organizations. – New York: Nova Science Publishers, 2013. – 341 p.]
6. *Емельянов С.В., Коровин С.К.* Новые типы обратной связи. Управление при неопределенности. – М.: Наука, 1997. – 352 с. [Emel'yanov, S.V., Korovin, S.K. Novye tipy obratnoi svyazi. Upravlenie pri neopredelennosti. – M.: Nauka, 1997. – 352 s. (In Russian)]
7. *Васильев С.Н., Жерлов А.К., Федосов Е.А., Федунев Б.Е.* Интеллектуальное управление динамическими системами. – М.: Физматлит, 2000. – 352 с. [Vasil'ev, S.N., Zherlov, A.K., Fedosov, E.A., Fedunov, B.E. Intellectnoe upravlenie dinamicheskimi sistemami. – M.: Fizmatlit, 2000. – 352 s. (In Russian)]
8. *Пантелеев А.В., Бортакровский А.С.* Теория управления в примерах и задачах. – М.: Высшая школа, 2003. – 583 с. [Panteleev, A.V., Bortakovskii, A.S. Teoriya upravleniya v primerakh i zadachakh. – M.: Vysshaya shkola, 2003. – 583 s. (In Russian)]
9. *Месарович М., Мако Д., Такахага И.* Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973. – 344 с. [Mesarović M., Mako D., Takahara Y. Theory of Hierarchical Multilevel Systems. – New York: Academic, 1970. – 294 p.]
10. *Вапник В.Н., Червоненкис А.Я.* Теория распознавания образов. – М.: Наука, 1974. – 416 с. [Vapnik, V.N., Chervonenkis, A.Ya. Teoriya raspoznavaniya obrazov. – M.: Nauka, 1974. – 416 s. (In Russian)]
11. *Васильев В.И., Ильясов Б.Г.* Интеллектуальные системы управления. Теория и практика. – М.: Машиностроение, 2009. – 392 с. [Vasil'ev, V.I., Ilyasov, B.G. Intellectual'nye sistemy upravleniya. Teoriya i praktika. – M.: Mashinostroenie, 2009. – 392 s. (In Russian)]
12. *Интеллектуальные системы автоматического управления / под ред. И.М. Макарова, В.М. Лохина.* – М.: Физматлит, 2001. – 576 с. [Intellectual'nye sistemy avtomaticheskogo upravleniya / pod red. I.M. Makarova, V.M. Lokhina. – M.: Fizmatlit, 2001. – 576 s. (In Russian)]

13. Liu, J. Intelligent Control Design and Matlab Simulation. – Singapore: Springer, 2017. – 294 p.
14. Новиков Д.А. Кибернетика: Навигатор. История кибернетики, современное состояние, перспективы развития. – М.: Ленанд, 2016. – 160 с. [Novikov, D.A. Cybernetics: from Past to Future. – Heidelberg: Springer, 2016. – 107 p.]
15. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2000. – 296 с. [Larichev, O.I. Teoriya i metody prinyatiya reshenii. – М.: Logos, 2000. – 296 s. (In Russian)]
16. Орлов А.И. Теория принятия решений. – М.: Экзамен, 2005. – 656 с. [Orlov, A.I. Teoriya prinyatiya reshenii. – М.: Ehkzamen, 2005. – 656 s. (In Russian)]
17. Рыков А.С. Модели и методы системного анализа: принятие решений и оптимизация. – М.: МИСИС, 2005. – 352 с. [Rykov, A.S. Modeli i metody sistemnogo analiza: prinyatie reshenii i optimizatsiya. – М.: MISIS, 2005. – 352 s. (In Russian)]
18. Петросян Л.А., Зенкевич Н.А., Шевкопляс Е.В. Теория игр. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 432 с. [Petrosyan, L.A., Zenkevich, N.A., Shevkoptyas, E.V. Teoriya igr. – SPB.: BKHV-Peterburg, 2012. – 432 s. (In Russian)]
19. Fudenberg, D., Tirole, J. Game Theory. – Cambridge: MIT Press, 1995. – 579 p.
20. Maschler, M., Solan, E., Zamir, S. Game Theory. – Cambridge: Cambridge University Press, 2013. – 1008 p.
21. Myerson, R. Game Theory: Analysis of Conflict. – London: Harvard Univ. Press, 1991. – 568 p.
22. Гермейер Ю.Б. Игры с непротивоположными интересами. – М.: Наука, 1976. – 327 с. [Germeier Yu. Non-Antagonistic Games, 1976. – Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1986. – 331 p.]
23. Maxwell, J.C. On Governors // Proc. of the Royal Society of London. – 1868. – Vol. 16. – P. 270–283.
24. Вышнеградский И.А. О регуляторах прямого действия // Известия СПб. практического технологического института. – 1877. – Т. 1. – С. 21–62. [Vyshnegradskii, I.A. O regulyatorakh pryamogo deistviya // Izvestiya SPB. prakticheskogo tekhnologicheskogo instituta. – 1877. – Т. 1. – С. 21–62. (In Russian)]
25. The Control Handbook / Ed. by W. Levine. – NY.: CRC Press, 2010. – Vol. I–III. – 3526 p.
26. Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. – М.: Физматлит, 2009. – 280 с. [Kalyaev, I.A., Gaiduk, A.R., Kapustyan, S.G. Modeli i algoritmy kollektivnogo upravleniya v gruppakh robotov. – М.: Fizmatlit, 2009. – 280 s. (In Russian)]
27. Cooperative Control and Optimization / Ed. by R. Murphey, P. Pardalos. – Dordrecht: Kluwer, 2002. – 303 p.
28. Ким Д.П. Теория автоматического управления: 2-е изд. – М.: Физматлит, 2007. – Т. 1: Линейные системы. – 310 с.; т. 2: Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. – 440 с. [Kim, D.P. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya: 2-e izd. – М.: Fizmatlit, 2007. – Т. 1: Lineinye sistemy. – 310 s.; Т. 2: Mnogomernyye, nelineinye, optimal'nyye i adaptivnyye sistemy. – 440 s. (In Russian)]
29. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. – М.: Наука, 1986. – 616 с. [Pervozvanskii, A.A. Kurs teorii avtomaticheskogo upravleniya. – М.: Nauka, 1986. – 616 s. (In Russian)]
30. Kumar, P., Varaiya, P. Stochastic Systems: Estimation, Identification, and Adaptive Control. – NY.: SIAM, 2015. – 376 p.
31. Speyer, J, Chung, W. Stochastic Processes, Estimation and Control. – NY.: SIAM, 2008. – 400 p.
32. Astrom, K., Wittenmark, B. Adaptive Control. – Upper Saddle River: Prentice Hall, 1994. – 574 p.
33. Ioannou, P., Sun, J. Robust Adaptive Control. – Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996. – 821 p.
34. Фельдбаум А.А. Основы теории оптимальных автоматических систем. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1963. – 553 с. [Fel'dbaum, A.A. Osnovy teorii optimal'nykh avtomaticheskikh sistem. – М.: Gos. izd-vo fiz.-mat. lit., 1963. – 553 s. (In Russian)]
35. Keesman, K. System Identification: An Introduction. – Heidelberg: Springer, 2011. – 323 p.
36. Tangirala, A. Principles of System Identification: Theory and Practice. – Boca Raton: CRC Press, 2014. – 908 p.
37. Rawlings, J., Mayne, D., Diehl, V. Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design. – Madison: Nob Hill Publishing, 2017. – 770 p.
38. Wang, L. Model Predictive Control System Design and Implementation Using Matlab. – Berlin: Springer, 2009. – 378 p.
39. Owens, D. Iterative Learning Control. An Optimization Paradigm. – London: Springer, 2016. – 456 p.
40. Sutton, R, Barto, A. Reinforcement Learning: An Introduction. – Cambridge: The MIT Press, 2017. – 427 p.

41. *Algorithmic Game Theory* / Eds. N. Nisan, T. Roughgarden, E. Tardos, V. Vazirani. – NY.: Cambridge University Press, 2009. – 776 p.
42. *Нестеров Ю.Е. Методы выпуклой оптимизации.* – М.: МЦНМО, 2010. – 281 с. [*Nesterov, Yu.E. Metody vupukloi optimizatsii.* – М.: MTSNMO, 2010. – 281 s. (In Russian)]
43. *Поляк Б.Т. Введение в оптимизацию.* – М.: Ленанд, 2014. – 392 с. [*Polyak, B.T. Vvedenie v optimizatsiyu.* – М.: Lenand, 2014. – 392 s. (In Russian)]
44. *Проблемы сетевого управления* / под ред. А.Л. Фрадкова. – Ижевск: ИКИ, 2015. – 391 с. [*Problemy setevogo upravleniya* / pod. red. A.L. Fradkova. – Izhevsk: IKI, 2015. – 391 s. (In Russian)]
45. Aziz, A., Wintage, J., Balaz, M. *Control Theory of Systems Governed by Partial Differential Equations.* – NY.: Academic Press, 1977. – 278 p.
46. Lasiecka, I. *Mathematical Control Theory of Coupled PDEs.* – Charlottesville: SIAM, 2002. – 242 p.
47. Ren, W., Yongcan, C. *Distributed Coordination of Multi-agent Networks.* – London: Springer, 2011. – 307 p.
48. Shoham, Y., Leyton-Brown, K. *Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations.* – Cambridge: Cambridge University Press, 2008. – 504 p.
49. Wooldridge, M. *An Introduction to Multi-Agent Systems.* – NY.: John Wiley and Sons, 2002. – 376 p.
50. Yu, W., Wen, G., Chen, G., Cao, J. *Distributed Cooperative Control of Multi-agent Systems.* – NY.: Wiley, 2017. – 350 p.
51. Matveev, A., Savkin, A. *Estimation and Control over Communication Networks.* – Boston: Birkhauser, 2009. – 533 p.
52. *Networked Embedded Systems Handbook* / Ed. by R. Zurawski. – Boca Raton: CRC Press, 2009. – 837 p.
53. You, K., Xiao, N., Xie, L. *Analysis and Design of Networked Control Systems.* – Heidelberg: Springer, 2015. – 321 p.
54. *Емельянов С.В. Системы автоматического управления с переменной структурой.* – М.: Наука, 1967. – 336 с. [*Emel'yanov, S.V. Sistemy avtomaticheskogo upravleniya s peremennoi strukturoi.* – М.: Nauka, 1967. – 336 s. (In Russian)]
55. Liberzon, D. *Switching in Systems and Control.* – Boston: Birkhauser, 2003. – 233 p.
56. Schaft, A., Schumacher, H. *An Introduction to Hybrid Dynamical Systems.* – Heidelberg: Springer, 2000. – 174 p.
57. *Кудинов Ю.И., Келина А.Ю., Кудинов И.Ю. и др. Нечеткие модели и системы управления.* – М.: Ленанд, 2017. – 328 с. [*Kudinov, Yu.I., Kelina, A.Yu., Kudinov, I.Yu. i dr. Nchetkie modeli i sistemy upravleniya.* – М.: Lenand, 2017. – 328 s. (In Russian)]
58. *Кудинов Ю.И., Пащенко Ф.Ф. Теория автоматического управления (с использованием Matlab-Simulink).* – СПб.: Лань, 2018. – 312 с. [*Kudinov, Yu.I., Pashchenko, F.F. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya (s ispol'zovaniem Matlab-Simulink).* – SPB.: Lan', 2018. – 312 s. (In Russian)]
59. *Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы.* – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с. [*Rutkovskaya, D., Pilin'skii, M., Rutkovskii, L. Neironnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy.* – М.: Goryachaya liniya – Telekom, 2006. – 452 s. (In Russian)]
60. *Красовский Н.Н., Субботин А.И. Позиционные дифференциальные игры.* – М.: Физматлит, 1974. – 456 с. [*Krasovskii, N.N., Subbotin, A.I. Pozitsionnye differentsial'nye igry.* – М.: Fizmatlit, 1974. – 456 s. (In Russian)]
61. Isaacs, R. *Differential Games: A Mathematical Theory with Applications to Warfare and Pursuit, Control and Optimization.* – Dover: Dover Publications, 1999. – 416 p.
62. *Петросян Л.А., Гарнаев А.Ю. Игры поиска.* – СПб.: СПбГУ, 1992. – 216 с. [*Petrosyan, L.A., Garnayev, A.Yu. Igra poiska.* – SPB.: SPBGU, 1992. – 216 s. (In Russian)]
63. Yeung, D., Petrosjan, L. *Cooperative Stochastic Differential Games.* – Heidelberg: Springer, 2006. – 242 p.
64. Yeung, D., Petrosjan, L. *Subgame Consistent Cooperation.* – Heidelberg: Springer, 2016. – 520 p.
65. *Cyber-Physical Systems: Foundations, Principles and Applications* / Ed. by H. Song, D. Rawat, S. Jeschke, C. Brecher. – NY.: Academic Press, 2017. – 514 p.
66. Rajeev, A. *Principles of Cyber-Physical Systems.* – Massachusetts: The MIT Press, 2017. – 459 p.
67. *IFAC Newsletter.* – April 2019.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии А.С. Манделем.*

*Поступила в редакцию 22.04.2019,  
принята к публикации 10.05.2019.*

**Новиков Дмитрий Александрович** – чл.-корр. РАН, ✉ novikov@ipu.ru,  
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва.

## **CONTROL SYSTEMS CLASSIFICATION**

Novikov D.A.

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia  
✉ novikov@ipu.ru

**Abstract.** Control systems classifications are considered built on the basis of: type, target and design of control, control object (CO) model, time, CO properties change over time, dimensions of inputs and outputs, disturbances, uncertainty, number of CO, ability to adopt to changes, state of distribution of a single CO, CO structure, number of control systems (CS), CS structure, connections between control and controllable systems, CO autonomy, knowledge use, manifestations of strategic behavior. As additional classification categories, it is suggested to base on: control means, nature and “sectoral” specifics of CO, and functional properties of CO and CS as well.

**Keywords:** control system, control object model, uncertainty, structure, optimization, strategic behavior.