

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №3 (2016) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-3>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/107TVN316.pdf>

Статья опубликована 29.06.2016.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Лебеденко Е.В., Куцакин М.А., Дунаев В.А. Модель случайного времени наступления событий в задачах сетевого планирования и управления проектами, выполняемыми коллективом автономных исполнителей // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №3 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/107TVN316.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 004.67

Лебеденко Евгений Викторович

ФГКВОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», Россия, Орёл¹
Кандидат технических наук, сотрудник
E-mail: lebedenko_eugene@mail.ru

Куцакин Максим Алексеевич

ФГКВОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», Россия, Орёл
Сотрудник
E-mail: max_kooks@mail.ru

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=860545

Дунаев Валерий Александрович

ФГКВОУ ВО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», Россия, Орёл
Кандидат технических наук, сотрудник
E-mail: dunaev-ktn@ya.ru

**Модель случайного времени наступления событий в
задачах сетевого планирования и управления проектами,
выполняемыми коллективом автономных исполнителей**

Аннотация. В статье рассматривается класс гетерогенных систем, которые в современном мире часто являются автоматизированными распределёнными системами и наряду с основными иерархически организованными и централизованно управляемыми структурами, в них формируются и функционируют производные структуры, действующие автономно от основных и, зачастую, не имеющие каналов взаимодействия, как с ними, так и между собой. Основная управляемая структура, рассматриваемая в статье, является такая структура как сетевой график (сетевая модель). Рассмотрены подходы к моделированию характеристик стохастической сетевой модели, применяемой для решения задач сетевого планирования и управления проектами, выполняемыми коллективом автономных структур, каждая из которых реализует отдельную работу в рамках этой модели. Для каждого из освещённых подходов представлены результаты расчётов плотностей распределения временных оценок наступления событий конкретного сетевого графика. На основе полученных данных для моделирования случайного времени наступления событий предложено выбрать гамма-распределение.

¹ 302034, Россия, г. Орёл, ул. Приборостроительная, д. 35

Ключевые слова: гетерогенные системы; процесс взаимодействия; децентрализованное управление; коллектив автономных структур; сетевой график; характеристики сетевой модели; сетевое планирование и управление; временные оценки наступления событий; модель наступления событий.

Введение

В настоящее время существует ряд предметных областей, использующих технологии согласованного взаимодействия гетерогенных систем, в рамках которых, наряду с основными иерархически организованными и централизованно управляемыми структурами, формируются и функционируют производные структуры, действующие автономно от основных и, зачастую, не имеющие каналов взаимодействия, как с ними, так и между собой. Показательными примерами подобных предметных областей являются логистические системы территориально-распределенных промышленных и торговых комплексов [1], системы организации и проведения выездных мероприятий [2], системы управления выполнением миссии групп подвижных объектов, например, *беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)* или специализированных роботов [3, 4].

Чаще всего, управление сложным процессом взаимодействия указанных централизованных и автономных структур базируется на методах сетевого планирования и управления (СПУ), в основе которых лежит моделирование процесса с помощью сетевого графика (сетевой модели) [5].

При этом в случаях управления взаимодействием компонентов централизованных структур для расчета критического пути и/или управления согласованным взаимодействием структур может применяться единый сетевой график, доступный каждой из них.

В случае же функционирования автономных структур, их доступ к единому сетевому графику невозможен, что, соответственно, требует рассмотрения иных подходов к управлению их взаимодействием.

Одним из них является подход, основанный на представлении совокупности автономных структур децентрализованно управляемым коллективом интеллектуальных объектов, каждый из которых использует собственный экземпляр сетевого графика. В этом случае каждая из автономных структур реализует связанную с ней часть сетевого графика, именуемую в СПУ как работа, исходя из предположения, что другие автономные структуры поступают таким же образом. Однако, в ряде случаев, в силу различного рода факторов, длительности работ автономных структур могут изменяться случайным образом, что влияет на предположительные значения времени начала/окончания работ. Подобные сетевые модели в [5, 6] именуются стохастическими сетями. При этом изменения длительности своей работы и перерасчет параметров сетевой модели каждая из автономных структур выполняет локально, что с течением времени приводит к рассогласованию вида экземпляров сетевого графика всей совокупности автономных структур и, как следствие, к снижению эффективности процесса управления проектом в целом.

В статье рассматривается подход к моделированию характеристик стохастической сетевой модели [7], применяемой для решения задач сетевого планирования и управления проектами, выполняемыми коллективом автономных структур, каждая из которых реализует отдельную работу в рамках этой модели. Вводятся следующие допущения: реализация сетевого графика проекта выполняется методом «эстафеты», когда выполнение каждой последующей работы не может начаться, пока не завершены все предшествующие для неё

работы; сетевой график проекта представлен в виде диаграммы Ганта [8]; анализ сетевой модели по методу критического пути выполняется на основе метода PERT [9], как обеспечивающего более критичную оценку продолжительности каждой работы проекта.

Существующие подходы к моделированию характеристик стохастической сетевой модели

Условимся, что значения времени начала/окончания работ (в СПУ именуемые как события) являются случайными величинами, тогда предположим, что они подчинены принятому для исследуемой системы закону распределения и тип распределения является одинаковым для всех событий. Параметры распределения задаются для каждого события их ответственными исполнителями на основе нормативных данных [9]. В рассматриваемой системе такими параметрами являются предположительные значения времени наступления событий.

Практически во всех системах СПУ априорно принимается, что плотность распределения временных оценок наступления событий обладает тремя свойствами:

1. Непрерывностью.
2. Унимодальностью.
3. Двумя неотрицательными точками пересечения этой плотности с осью абсцисс [7, 9].

Простейшим распределением с подобными свойствами является бета-распределение, которое обычно постулируется на практике [7, 9].

Классический подход заключается в представлении плотности бета-распределения по формуле:

$$B(p, q, t) = \begin{cases} \frac{t^{p-1}(1-t)^{q-1}}{B(p, q)} & \text{при } 0 \leq t \leq 1, \\ 0 & \text{при } t < 0, t > 1, \end{cases} \quad (1)$$

где $B(p, q)$ – бета-функция, имеющая вид:

$$B(p, q) = \int_0^1 t^{p-1}(1-t)^{q-1} dt = \frac{\Gamma(p)\Gamma(q)}{\Gamma(p+q)}, \quad (2)$$

$\Gamma(z)$ – гамма-функция, определяемая по формуле:

$$\Gamma(z) = \int_0^{\infty} e^{-t} t^{z-1} dt, \quad (3)$$

причем для целых значений z , гамма-функция имеет вид:

$$\Gamma(z) = 1 * 2 * \dots * (z-1) = (z-1)!, \quad (4)$$

а $(p-1)$ и $(q-1)$ – свободные параметры плотности бета-распределения.

Для удобства в дальнейшем будем обозначать $p-1 = \alpha$ и $q-1 = \beta$.

В результате дальнейшего развития классического подхода, возникла система *PERT*, которая впоследствии превратилась в совокупную методику управления сроками и ресурсами проекта.

Метод *PERT* позволил производить оценки некоторых параметров распределения продолжительности работ и наступления очередных событий в сетевом графике. Основой исследования и построения теоретико-вероятностного аппарата в системе *PERT* являются следующие базовые допущения:

1. Наступления события, заключающегося в завершении работы (i, j) , $t(i, j)$ – есть случайная величина, распределенная по закону бета-распределения на отрезке $[a, b]$ с плотностью:

$$\varphi(t) = C(t-a)^\alpha (b-t)^\beta, \quad (5)$$

где α и β – свободные параметры плотности бета-распределения, а коэффициент C рассчитывается по формуле:

$$C = \frac{\Gamma(\alpha+\beta+2)}{\Gamma(\alpha+1)\Gamma(\beta+1)},$$

где $\Gamma(\alpha+\beta+2)$, $\Gamma(\alpha+1)$ и $\Gamma(\beta+1)$ – гамма-функции, определяемые выражением (3).

2. Параметры закона распределения $\varphi(t)$ – математическое ожидание $M(i, j)$ и дисперсия $\sigma^2(i, j)$ – определяются по формулам:

$$M(i, j) = \frac{a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}}{6}, \quad (6)$$

$$\sigma^2(i, j) = \frac{(b_{ij} - a_{ij})^2}{36}, \quad (7)$$

где a_{ij} , b_{ij} и m_{ij} – соответственно оптимистическая, пессимистическая и наиболее вероятная (мода) оценки, задаваемые ответственными исполнителями работы (i, j) .

Оригинальное обоснование целесообразности принятия закона бета-распределения было предложено Ю.П. Кривенковым [9]. Его подход приводит к формуле бета-распределения с плотностью:

$$\varphi(t) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{(t-a)^{\alpha-1} (b-t)^{\beta-1}}{(b-a)^{\alpha+\beta-1} B(\alpha, \beta)}, \text{ если } t \in [a; b] \\ 0, \text{ если } t \notin [a; b] \end{array} \right\}, \quad (8)$$

в которой α , β – свободные параметры; a , b – отрезок, задающий возможные значения случайной величины t времени наступления события; а $B(\alpha, \beta)$ есть функция Эйлера:

$$B(\alpha, \beta) = \int_0^1 t^\alpha (1-t)^\beta dt. \quad (9)$$

В качестве принятого закона возможно использовать гамма-распределение, но с тремя оценками, рассматривая формулу плотности для бета-распределения в запланированном

заранее интервале времени от оптимистичного до пессимистичного срока наступления события. Выражение (10) определяет плотность распределения временных оценок наступления событий согласно гамма-распределению:

$$\varphi(t) = \frac{B^\alpha (t-T)^{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)} e^{-B(t-T)}, \quad (10)$$

где B и α – const, T – величина, показывающая с какой задержкой по времени случилось рассматриваемое событие, $\Gamma(\alpha)$ – гамма-функция.

Рассмотрим примерный сетевой график, в котором время наступления событий нормативно задано (рис. 1). Времена $t_{н1...7}$ есть события, обозначающие окончания работ $P_{1...6}$. Предполагается, что каждая работа P имеет продолжительность, заданную на основе нормативных данных, и событие, заключающееся в окончании работы P , должно наступить в заранее заданное время t_n .

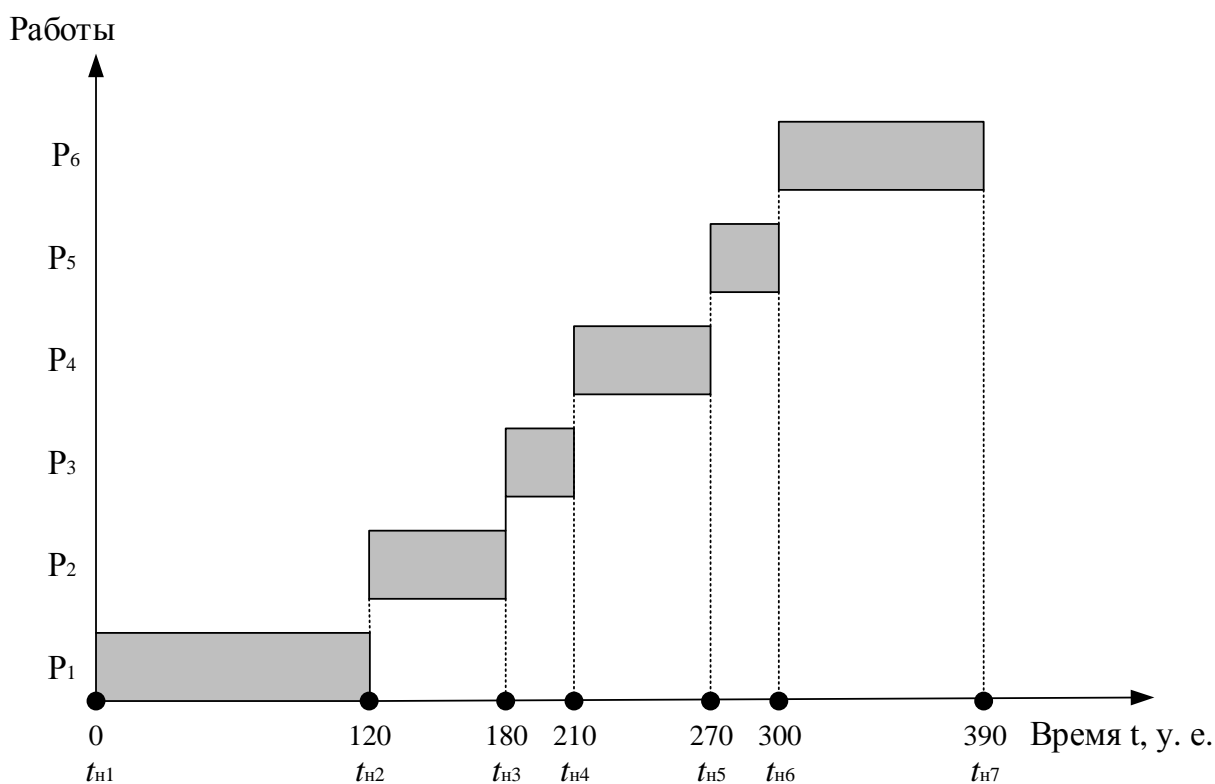


Рисунок 1. Рассматриваемый сетевой график (рисунок автора)

Для моделирования наступления трёх событий, следующих друг за другом начиная с окончания выполнения работы P_1 , в ходе выполнения представленного сетевого графика (рис. 1) воспользуемся представленными выше подходами, а именно системой *PERT* (выражение 5), подходом Ю.П. Кривенкова (выражения 8-9) и подходом, основанном на гамма-распределении (выражение 10).

Применяя систему *PERT*, получили результаты, показанные на рис. 2. При этом выбор свободных параметров осуществлялся таким образом, чтобы площади фигур, ограниченных кривыми функций $\varphi_1(t)$, $\varphi_2(v)$, $\varphi_3(z)$ и параллельными оси ординат прямыми, проходящими через начало и конец отрезков, на которых заданы рассматриваемые функции, были равны единице.

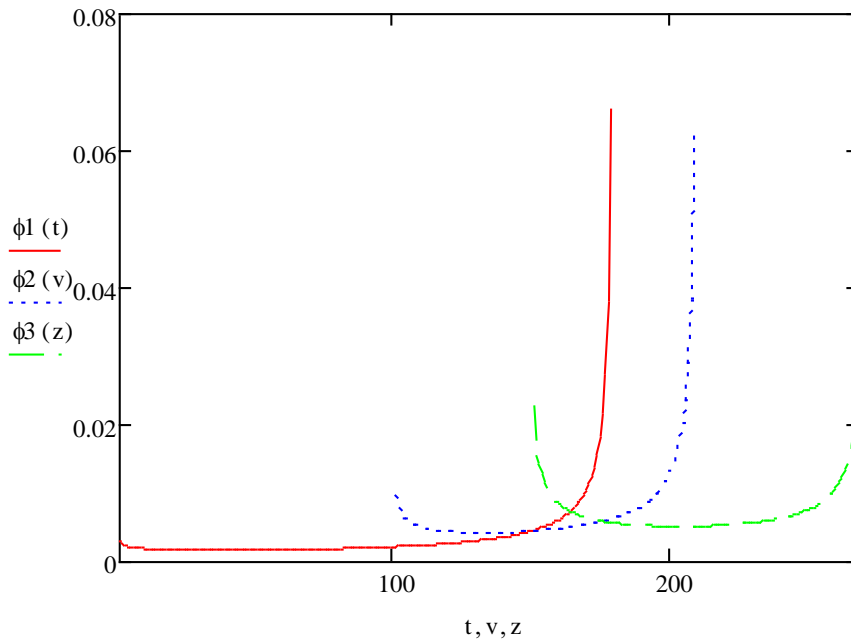


Рисунок 2. Значения плотности бета-распределения (рисунок автора)

Тем же самым условием по подбору свободных параметров пользовались и при расчётах, основанных на подходе Кривенкова Ю.П. и при использовании гамма-распределения.

При расчётах по Кривенкову Ю.П. были получены следующие значения плотности распределения (рис. 3).

Результаты, полученные при расчётах с использованием гамма-распределения показаны на рис. 4.

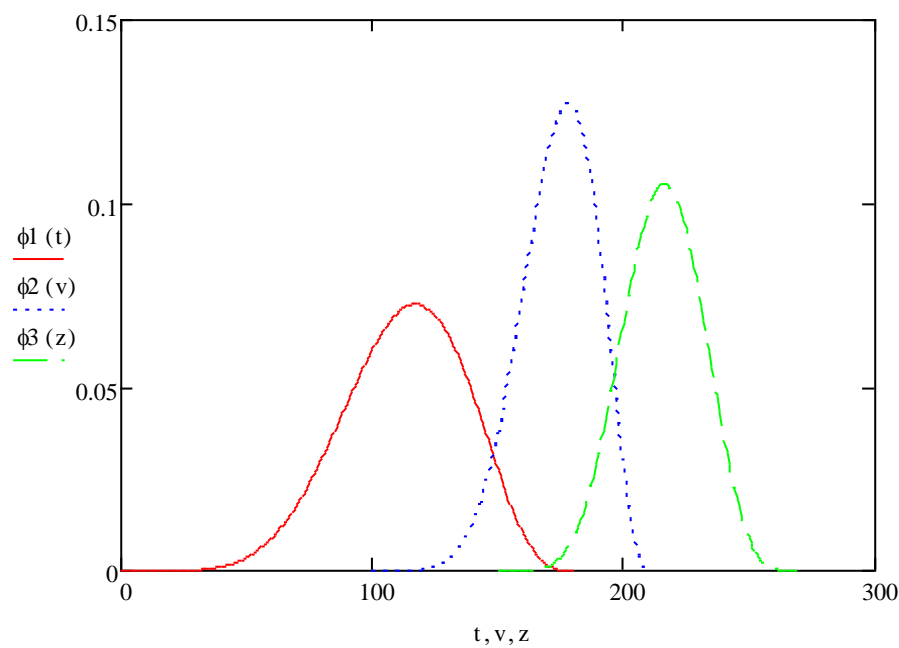


Рисунок 3. Значения плотности бета-распределения (рисунок автора)

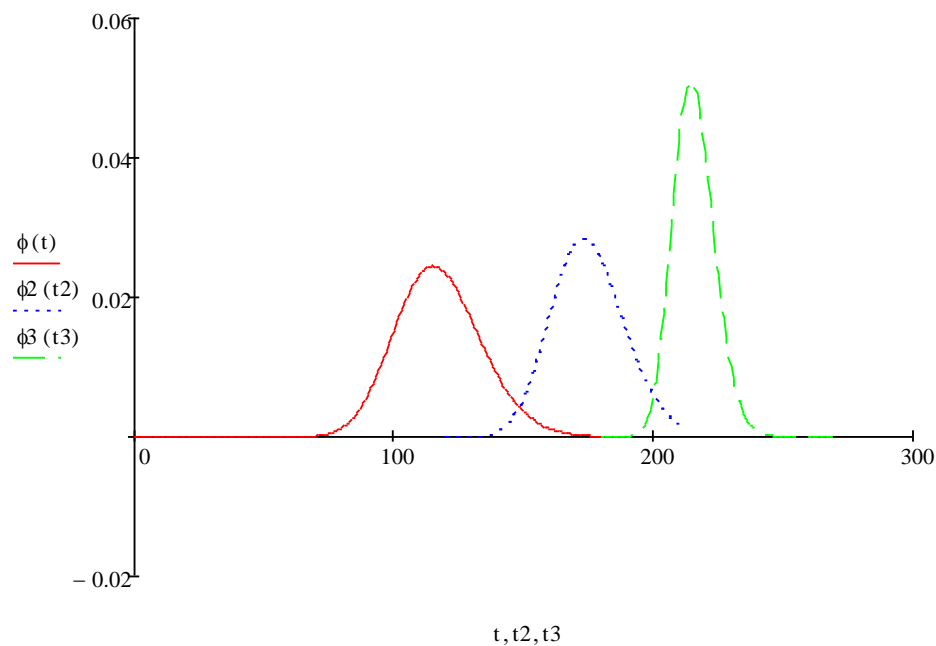


Рисунок 4. Значения плотности гамма-распределения (рисунок автора)

Заключение

Из рис. 4 видно, что моды [10] плотности распределения для каждого из рассматриваемых событий совпадают с запланированными сроками наступления событий рассматриваемого сетевого графика (рис. 1).

При этом гамма-распределение имеет только три параметра: α , B , T , где α и B – есть константы, подобранные с учётом вышеуказанного условия о площади фигуры. Тогда остаётся всего один управляемый параметр T .

Таким образом, при исследовании временных характеристик сетевых графиков вида, показанного на рис. 1, будет использовано гамма-распределение плотности вероятности временных оценок наступления событий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сярдова О.М. Управление логистической системой промышленного предприятия // Сярдова О.М. / Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева № 24. – Волжский. – 2011.
2. Лебеденко Е.В., Куцакин М.А. Информационные системы и технологии в сфере деятельности охранных организаций // Лебеденко Е.В., Куцакин М.А. / сборник докладов 20-ой международной открытой научной конференции «Современные проблемы информатизации». – ВГТУ. – Воронеж. – 2015.
3. Амелин К.С., Антал Е.И., Васильев В.И., Граничина Н.О. Адаптивное управление автономной группой беспилотных летательных аппаратов // Амелин К.С., Антал Е.И., Васильев В.И., Граничина Н.О. / СПб ГУ. – Санкт-Петербург. – С. 157-166.
4. Scerri P., Pynadath D., Johnson L., Rosenbloom P., Si M., Schurr N., Tambe M. A Prototype Infrastructure for Distributed RobotAgentPerson Teams – Information Sciences Institute and Computer Science Department. University of Southern California. 4676 Admiralty Way, Marina del Rey, CA 90292.
5. Новицкий Н.И. Сетевое планирование и управление производством: учебно-практическое пособие / Новицкий Н.И. – Издательство «Новое знание». – Москва. – 2004. – 159 с.
6. Глазман Н.М. Основы сетевого планирования и управления / Глазман Н.М., В.Г. Новиков. – ХУ. – Харьков. – 1966. – 96 с.
7. Голенко-Гинзбург Д.И. Стохастические сетевые модели планирования и управления разработками / Голенко-Гинзбург Д.И. – Издательство «Научная книга». – Воронеж, 2010. – 284 с.
8. Peter W.G. Morris. The Management of Projects // Peter W.G. Morris, Thomas Telford / ISBN 0-7277-2593-9. – Google Print. – 1994. – 18 p.
9. Голенко Д.И. Статистические методы сетевого планирования и управления / Голенко Д.И. – Издательство «Наука». – Москва, 1968. – 401 с.
10. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Вентцель Е.С. Высшая школа. 6 издание. – Москва, 1999. – 575 с.

Lebedenko Eugene Viktorovich

The Academy of Federal security guard service of the Russian Federation, Russia, Orel
E-mail: lebedenko_eugene@mail.ru

Kutsakin Maxim Alekseevich

The Academy of Federal security guard service of the Russian Federation, Russia, Orel
E-mail: max_kooks@mail.ru

Dunaev Valery Aleksandrovich

The Academy of Federal security guard service of the Russian Federation, Russia, Orel
E-mail: dunaev-ktn@ya.ru

Controllable parameters selection for binary data arrays identification algorithm

Abstract. The article discusses the questions of controllable parameters selection for authors developed algorithm of binary data arrays identification using the method of independent permutations. According to the non-cryptographic hash functions algorithms analysis the hash function based on linear congruential generator is selected as a base for the method of independent permutations. The simplified schemes of developed algorithms for identifiers generation and comparison using a set of basic hash functions are presented. An appropriate values for the block size which will split the binary data array, and the number of basic hash functions used for independent permutations are selected and proved. The authors carried out experimental tests and the results of similarity evaluation metering for various identification algorithm parameters are shown.

Keywords: information objects; undeclared capabilities; binary data arrays; identification; independent permutations; Jaccard index; algorithm; similarity value; hash functions; block size

REFERENCES

1. Syardova O.M. Upravlenie logisticheskoy sistemoy promyshlennogo predpriyatiya // Syardova O.M. / Vestnik Volzhskogo universiteta im. V.N. Tatishcheva № 24. – Volzhskiy. – 2011.
2. Lebedenko E.V., Kutsakin M.A. Informatsionnye sistemy i tekhnologii v sfere deyatel'nosti okhrannykh organizatsiy // Lebedenko E.V., Kutsakin M.A. / sbornik dokladov 20-oy mezhdunarodnoy otkrytoy nauchnoy konferentsii «Sovremennye problemy informatizatsii». – VGTU. – Voronezh. – 2015.
3. Amelin K.S., Antal E.I., Vasil'ev V.I., Granichina N.O. Adaptivnoe upravlenie avtonomnoy gruppyo bespilotnykh letatel'nykh apparatov // Amelin K.S., Antal E.I., Vasil'ev V.I., Granichina N.O. / SPb GU. – Sankt-Peterburg. – S. 157-166.
4. Scerri P., Pynadath D., Johnson L., Rosenbloom P., Si M., Schurr N., Tambe M. A Prototype Infrastructure for Distributed RobotAgentPerson Teams – Information Sciences Institute and Computer Science Department. University of Southern California. 4676 Admiralty Way, Marina del Rey, CA 90292.
5. Novitskiy N.I. Setevoe planirovanie i upravlenie proizvodstvom: uchebno-prakticheskoe posobie / Novitskiy N.I. – Izdatel'stvo «Novoe znanie». – Moskva. – 2004. – 159 s.
6. Glazman H.M. Osnovny setevogo planirovaniya i upravleniya / Glazman N.M., V.G. Novikov. – KhU. – Khar'kov. – 1966. – 96 c.
7. Golenko-Ginzburg D.I. Stokhasticheskie setevye modeli planirovaniya i upravleniya razrabotkami / Golenko-Ginzburg D.I. – Izdatel'stvo «Nauchnaya kniga». – Voronezh, 2010. – 284 s.
8. Peter W.G. Morris. The Management of Projects // Peter W.G. Morris, Thomas Telford / ISBN 0-7277-2593-9. – Google Print. – 1994. – 18 p.
9. Golenko D.I. Statisticheskie metody setevogo planirovaniya i upravleniya / Golenko D.I. – Izdatel'stvo «Nauka». – Moskva, 1968. – 401 s.
10. Venttsel' E.S. Teoriya veroyatnostey / Venttsel' E.S. Vysshaya shkola. 6 izdanie. – Moskva, 1999. – 575 s.