

УДК 621.39

О ПРИМЕНЕНИИ АЛГОРИТМА КУНА-МАНКРЕСА И МОДЕЛИ АДМИНИСТРАТОРА В ЗАДАЧАХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Монахов Михаил Юрьевич

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информатики и защиты информации. ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».
E-mail: mmonakh@vlsu.ru.

Мишин Денис Вячеславович

кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и защиты информации. ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».
E-mail: dmishin@vlsu.ru.

Монахова Мария Михайловна

аспирант кафедры радиотехники и радиосистем. ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».
E-mail: mariya.monakhova@gmail.com.
Адрес: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87.

Аннотация: Эффективность функционирования современных телекоммуникационных систем в значительной степени определяется службой администрирования предприятия. Одним из наиболее существенных показателей эффективности телекоммуникационных систем, характеризующих затраты времени на получение каких-либо полезных результатов, является производительность, длительные периоды снижения которой в условиях большого числа инцидентов связаны, как правило, с несовершенством существующих методов и средств администрирования. В настоящей работе предлагается алгоритм назначения на решение инцидентов, в основе которого лежит алгоритм нахождения максимального паросочетания Куна – Манкреса, к которому добавлены новые процедуры расчета весов ребер графа с учетом параметров компетенций администраторов телекоммуникационных систем и значений расчетной матрицы количества и приоритетов элементов телекоммуникационных систем. Результаты моделирования в программной среде AnyLogic показали, что выигрыш в приросте производительности при применении разработанных решений в формировании очереди устранения инцидентов зависит от количества одновременно решаемых инцидентов, применение разработанного алгоритма и модели администратора позволяют сократить среднее время цикла восстановления производительности телекоммуникационных систем.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть, алгоритм назначения, производительность, модель администратора, приоритет элементов.

Эффективность функционирования современных телекоммуникационных систем (ТС) в значительной степени определяется службой администрирования (СА), обеспечивающей работоспособность ТС, производительность, безопасность, диагностику и восстановление их компонентов [1]. Одним из наиболее существенных показателей эффективности ТС, характеризующих затраты времени на получение каких-либо полезных результатов, является производительность [2, 3], длительные периоды снижения которой в условиях большого

числа инцидентов связаны, как правило, с несовершенством существующих методов и средств администрирования. Обзор существующих подходов к управлению СА в системах автоматизированного управления ТС [4 - 7] передовых мировых компаний, таких как IBM, Microsoft и др., и разработанных на концепции ITIL систем (service desk) [8], позволяет утверждать, что, во-первых, существующие методы распределения задач при управлении инцидентами либо не учитывают, либо учитывают в минимальном объеме личные параметры техни-

ческого персонала [9,10], что приводит к увеличению времени решения инцидентов, и, как следствие, увеличению среднего времени полного восстановления производительности ТС.

В настоящей работе предлагается алгоритм назначения на решение инцидентов, основанный на модели приоритетов [11,12], модели администратора ТС и алгоритме нахождения максимального паросочетания Куна — Манкреса [13].

Декомпозиция процесса управления инцидентами ТС позволяет выделить множество F элементарных прецедентов $f \in F$, будем называть их функциями администрирования (ФА). При решении инцидента f назначается на выполнение $a \in A$ - администратору ТС, здесь под A будем понимать множество сотрудников СА предприятия, обладающих некоторым уровнем квалификации (знаний, умений, навыков в выполнении каждой конкретной ФА).

Математически задачу оптимизации назначения ФА представим в виде двудольного графа $G'=(A',F'; Y)$, где $A' \subseteq A$ - подмножество доступных администраторов ТС, $F' \subseteq F$ - подмножество ФА, требующих выполнения в рамках решения инцидентов ТС [5], $Y=\{y_{ij}\}$ - множество ребер двудольного графа, $i = \overline{1, |A'|}$, $j = \overline{1, |F'|}$, $i > 0$, $j > 0$. Будем считать, что администратор может быть назначен на выполнение любой ФА, тогда $\beta^{a'} = |F'|$ - коэффициент инцидентности вершины $a' \in A'$, ФА может быть выполнена любым администратором $\beta^{f'} = |A'|$, таким образом, $G'=(A', F'; Y)$ является полным, $\forall a' \in A'$ и $f' \in F' \exists y_{ij} \in Y$.

При решении поставленной задачи необходимо из множества $\beta = \sum_{j=1}^{|F'|} \beta_j^{f'}$ выбрать такое $F' \times A'$, которое наилучшим образом удовлетворяет заданному интегральному критерию эффективности T . Так как каждому $y_{ij} \in Y$ может быть поставлен некоторый показатель эффективности t^*_{ij} , задача оптимизации может быть сведена к классической задаче о назначениях, где интегральным критерием T будем считать суммарное время выполнения ФА в рамках

технологического цикла [14] решения инцидента ТС: $T = \sum_{i=1}^{|A'|} \sum_{j=1}^{|F'|} t^*_{ij} \rightarrow \min$.

Примем в качестве t^*_{ij} прогнозируемое время выполнения $f_j \in F'$ администратором $a_i \in A'$. Значение t^*_{ij} предлагается рассчитывать на основании индивидуальных профессиональных качеств администратора по формуле:

$$t^*_{ij} = \bar{t}_{ij} \cdot (1 + e^{-\frac{1}{\Delta d_{ij}}(1 - K_{ij})}),$$

где \bar{t}_{ij} - среднее время выполнения f_j администратором a_i ; K_{ij} - показатель компетенции a_i по f_j ; $\Delta d_{ij} = (d_{ij}^n - d_{ij}^{n-1})$ - интервал между временем последнего выполнения d_{ij}^{n-1} функции f_j администратором a_i и временем d_{ij}^n ее следующего назначения. Значение \bar{t}_{ij} для цикла n [15] будем рассчитывать по формуле: $\frac{\bar{t}_{ij}}{t_{ij}} = \frac{\bar{t}_{ij}^{(n-1)} + t_{ij}^{(n)}}{2}$, в случае когда a_i не может исполнять f_j , $\bar{t}_{ij} = \infty$. За значение компетенции примем вероятность выполнения ФА за время, не превышающее нормативное, $K_{ij} = p(t_{ij} \leq \bar{t}_j)$, где \bar{t}_j - норма времени f_j , t_{ij} - время последнего исполнения f_j администратором a_i .

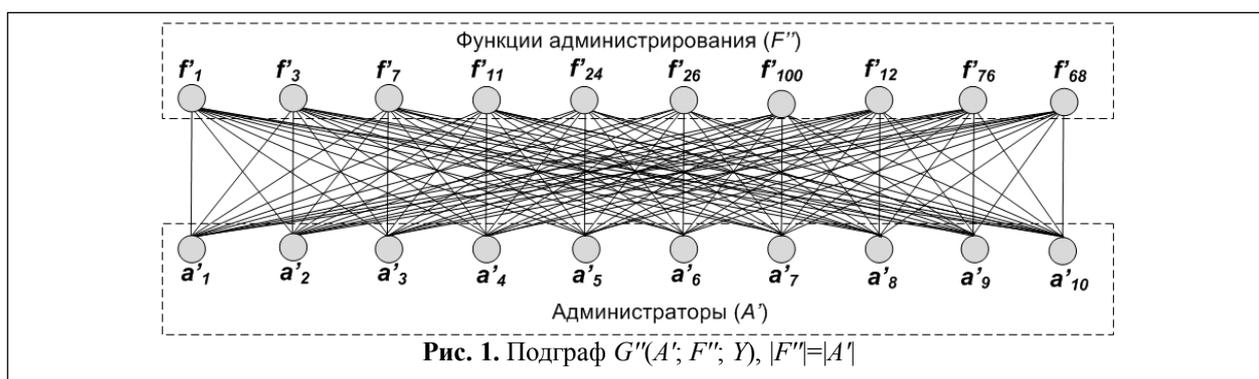
Алгоритм назначения ФА:

Шаг 1. Сформируем матрицу $A'F'$, отражающую бинарное отношение A' и F' , каждая упорядоченная пара которого выражена t^*_{ij} :

Шаг 2. Особенность решаемой задачи назначения заключается в том, что за один цикл администрирования будет исполняться некоторое подмножество $F'' \subseteq F'$, соответствующее $|A'|$.

Если $|F''| \leq |A'|$ - случай, при котором рассматриваемый цикл последний или решение инцидентов происходит за единственный цикл. Выберем подмножество $F'' \subseteq F'$ для решения, $|F''| = |A'|$. Переход к шагу 3.

Если $|F''| > |A'|$ - случай, при котором решение инцидентов происходит за более чем один цикл и рассматриваемый цикл не последний. Сформируем очередь решения инцидентов, выстроив подмножество F' в соответствии со значениями приоритетов [11,12], выберем из очереди $F'' \subseteq F'$ с наибольшим приоритетом так, чтобы $|F''| = |A'|$. Переход к шагу 3.



Шаг 3. Построим подграф $G''(A'; F''; Y)$ двудольного графа $G'(A'; F'; Y)$ для цикла исполнения ФА (рис. 1-2). Переход к шагу 4.

Шаг 4. Построим квадратную матрицу $A'F''=(t_{|F''|,|A'|}^*)$ размером $|A'|$. Если $|F''|<|A'|$, то дополним матрицу нулевыми столбцами. Прогнозируемое время t^* ФА рассчитывается с учетом ФА, назначенных администратору на предыдущих циклах (для случаев $|F''|>|A'|$).

Шаг 5. Применяя алгоритм Куна-Манкреса к $A'F'$, получаем решение с минимальным суммарным прогнозируемым временем восстановления производительности ТС.

Шаг 6. Если все требующие решения ФА выполнены, то завершить алгоритм, иначе перейти к шагу 2.

Конец алгоритма.

Для исследования характеристик процессов восстановления производительности ТС была поставлена серия имитационных экспериментов в среде AnyLogic [16]. Входные данные имитационной модели: $|S| = 1000$ элементов; $A'F'$ - матрица прогнозируемого времени выполнения ФА администраторами; G' - взвешенный граф ТС.

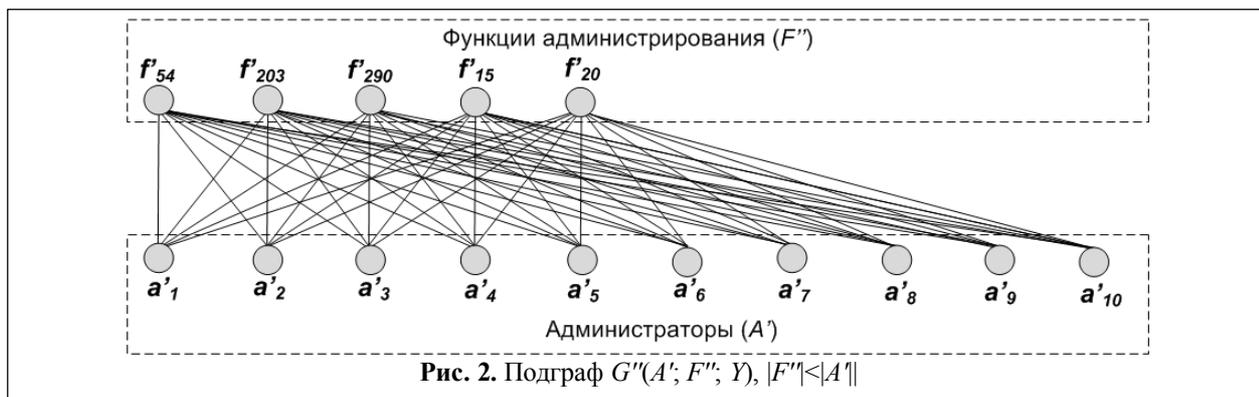
Экспериментальное исследование №1

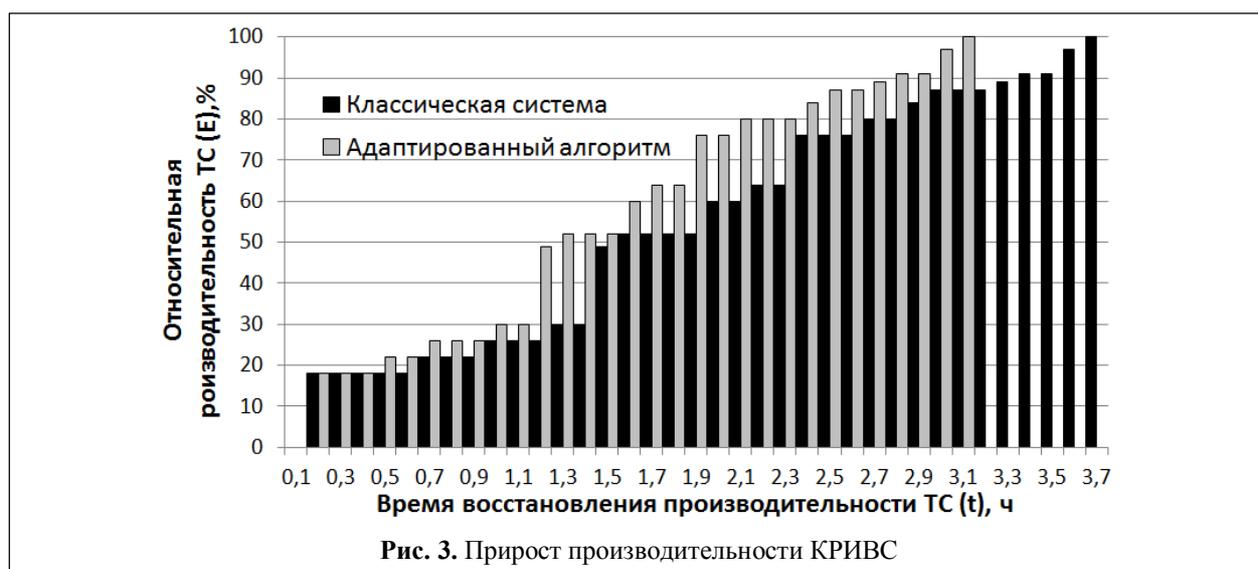
Цель эксперимента №1 - исследовать влияние разработанного алгоритма на изменение времени восстановления производительности ТС.

Условия эксперимента: решение инцидентов реализуется одновременно пятью Адм; каждый Адм единовременно выполняет одну ФА; каждый из Адм может быть назначен на решение любой ФА; время выполнения ФА для Адм различно; единица модельного времени усл.час; время моделирования – 4320 усл.час.

Анализ полученных данных: на рис. 3 результаты представлены двумя диаграммами прироста производительности ТС в период ее восстановления. Значение 70% от максимальной производительности при разработанном алгоритме достигается уже через 1,9 усл.часа (по сравнению с классической процедурой – 2,4 усл.час). Кроме того, 100% производительности при разработанном алгоритме назначения администраторов достигается в среднем за 3,1 усл.час (по сравнению с классической процедурой – 3,7 усл.час).

Очевидными причинами снижения времени цикла восстановления производительности ТС являются снижение среднего времени испол-





нения ФА, балансировка загрузки множества Адм ТС.

Экспериментальное исследование №2

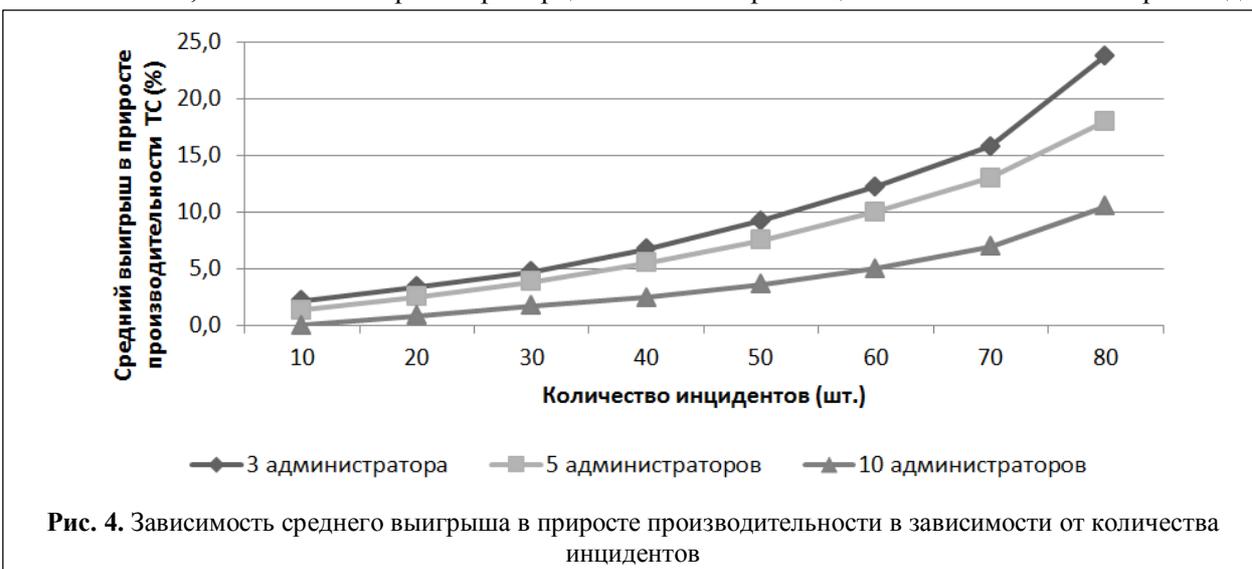
Цель эксперимента №2 - исследование зависимости выигрыша в приросте производительности ТС при применении разработанного алгоритма назначения администраторов в условиях различного количества обрабатываемых инцидентов.

Результаты серии опытов, демонстрирующих зависимость среднего выигрыша в приросте производительности ТС в зависимости от количества инцидентов, представлены на рис. 4. Из графика видно, что внедрение алгоритма назначения администраторов и методики формирования очереди решения инцидентов способствует увеличению прироста производительности ТС, значение которого пропорцио-

нально количеству решаемых инцидентов.

Результаты

Разработан алгоритм назначения ФА. В основе подхода лежит алгоритм Куна – Манкреса, к которому добавлены новые процедуры расчета весов ребер графа на основе параметров компетенций администраторов и ранжирования приоритетов ФА. Разработана имитационная модель системы административного управления в программной среде AnyLogic. Результаты моделирования показали, что выигрыш в приросте производительности при применении разработанного подхода в формировании очереди ремонтно-восстановительных работ зависит от количества одновременно решаемых инцидентов, применение разработанного алгоритма и модели администратора позволяют сократить время цикла восстановления производи-



тельности ТС в среднем на 16%.

Литература

1. Христенко Д. В. Разработка системы административного управления корпоративной информационно-вычислительной сети: дис. канд. технич. наук: 05.13.06: защищена 2008 г. / Христенко Дмитрий Викторович. – Орел, 2008.

2. Груздева Л.М. Модели повышения производительности корпоративных телекоммуникационных сетей в условиях воздействия угроз информационной безопасности: дис. канд. технич. наук: 05.12.13: защищена 2011 г. / Груздева Людмила Михайловна. – Владимир, 2011.

3. Кульпинов А.А., Мочалов В.П. Аналитическая модель системы управления услугами в телекоммуникациях и связи // Известия ТРТУ. Тематический выпуск. Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении. 2006.-№5. - С.25-27.

4. Иванов, А.В. Практическая диагностика сетей. Электронный ресурс. / А.В. Иванов. ProLAN, 2003.

5. Олифер Н.А., Олифер В.Г. Средства анализа и оптимизации локальных сетей. Электронный ресурс. // Центр информационных технологий, 1998. [Режим доступа: http://www.citforum.ru/nets/optimize/index_shtml].

6. Программа сетевой академии CISCO CCNA 3 и 4. Вспомогательное руководство.: Пер с англ. — М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. 994 с.

7. Баранов И. Ю., Пирогов В. В., Христенко Д. В. Интеллектуальная система административного управления развитием корпоративной информационно-вычислительной сети // Датчики и системы. №6, 2001. - С. 42-46.

8. Роб Ингленд Введение в реальный ITSM // Пер. с англ. – М.: Лайвбук, 2010. – 132 с.

9. Richard W. Conway William L. Maxwell, Louis

Поступила 17 сентября 2015 г.

W. Miller Theory of Scheduling / Dover Pubns.

10. Grier, R. Dispatch. Dispatch Solutions / R. Grier. - Catalyst Communications Technologies, Inc. - Retrieved 28 May 2011

11. Мишин Д.В., Монахов М.Ю. Приоритеты функциональных элементов в задачах администрирования корпоративных сетей передачи данных // Проектирование и технология электронных средств. №4.- 2010. - С.15-19.

12. Мишин, Д.В., Монахова, М.М. Математическая модель приоритетов функциональных элементов корпоративных сетей передачи данных // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XIX міжнародної науково-практичної конференції, Ч.IV (01-03 червня 2011 р., Харків) / за ред. проф. Товажняньського Л.Л. - Харків, НТУ "ХПІ". - 376 с.; - С. 56-57.

13. Грешилов А.А. Математические методы принятия решений: учеб.пособие. – 2-е изд.,испр. И доп. – М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 2014. – 647 с. ISBN 978-5-7038-3910-2

14. Мишин Д.В., Монахов М.Ю. Об автоматизации процессов обеспечения функциональной устойчивости информационно-технологической инфраструктуры интегрированной АСУП / Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2012. Т.55.№8. - С.46-49

15. Монахов М.Ю. Методы и модели обработки и представления информации в распределенных образовательных системах: дис. ... доктора технич. наук: 05.13.01, 05.13.10 : защищена 2005 г. / Монахов Михаил Юрьевич. - Владимир, 2005. - 418 с.

16. Мишин Д.В., Монахова М.М. Имитационное исследование алгоритмов оптимизации административных ресурсов КСПД //Проблеми інформатики і моделювання. Тезиси одинадцятої міжнародної науково-технічної конференції. - Харків-Ялта: НТУ "ХПІ", 2011. - 84 с., російською мовою; - С. 56.

English

On application of Kuhn-Munkres algorithm and administrator model to restore telecommunication networks performance

Mikhail Yuryevich Monakhov - Doctor of Engineering, Professor Department Head Information systems and data security Vladimir State University named after Alexander and Nickolay Stoletovs. *E-mail*: mmonakh@vlsu.ru.

Denis Vyacheslavovich Mishin - Candidate of Technical Sciences Associate professor Information systems and data security Department Vladimir State University named after Alexander and Nickolay Stoletovs. *E-mail*: dmishin@vlsu.ru.

Maria Mikhailovna Monakhova – Graduate student Radio Engineering&Radio Systems Department Vladimir State University named after Alexander and Nickolay Stoletovs.

E-mail: mariya.monakhova@gmail.com. *Address*: 600000, Vladimir, Gorkiy str., 87.

Abstract: Information system development as process of large-scale use of telecommunication systems (TS) requires arranging their efficient service for ensuring smooth and productive functioning in today's enterprises. The article is aimed to increase TS average productivity amid multiple incidents via process optimization of administration service

(AS) management taking into account individual characteristics of AS personnel. Overview of existing approaches to AS management of computerized TS management in leading global companies has shown that, first, existing methods of task allocation either do not consider, or consider AS technical staff personal parameters in minimum (work experience, productivity, reliability, quality of performance, ability, employment, skills, etc.). Secondly, computerized systems presented on the world market for AS task allocation do not take into account nature of incident occurrence in TS. Objective in view is assumed to be achieved due to new algorithm development of AS process dispatch, model-based priorities of TS elements, TS administrator model and algorithm for finding maximum Kuhn - Munkres matching. Article's authors define dispatch task as multicriterion task of optimization of AS work recovery restoration allocation. The article formalizes optimization problem of AS staff assignment where total time for incidents settlement within work cycle for TS restoration is to be regarded as efficiency integral criterion. Calculation method of anticipated time for incident elimination by each AS staff member based on their individual professional abilities is proposed. Series of simulation experiments in environment of AnyLogic is analyzed to examine process features of TS performance restoration. Experiments objectives are as follows: evaluation of developed algorithm effect on delta time for TS performance restoration; dependence examination of performance improvement gain using developed algorithm for assigning administrators in the presence of various number of processed incidents. Modeling results have manifested that performance improvement gain when using developed solutions depends on number of incidents simultaneously being settled, application of developed algorithm and administrator model enable to reduce average cycle time for TS performance restoration.

Key words: Telecommunication network, assignment algorithm, performance, administrator model, elements priority.

References

1. Khristenko D. V. Development of administration management of corporate information computer network: thes. cand. techn. sciences: 05.13.06: defended in 2008 / Khristenko, Dmitry Viktorovich. - Oryol, 2008.
2. Gruzdeva L.M. Performance improvement model in corporate telecommunication networks amid threats for information security: thes. cand. techn. sciences: 05.12.13: defended in 2011\Gruzdeva Lyudmila Mikhaelovna. - Vladimir, 2011.
3. Kulpinov A.A., Mochalov V.P. Analytical model of service management system in telecommunications. - TRTU News. Topic-based issue. Computer and information technologies in science, engineering and management. 2006.-№5. – pp. 25-27.
4. Ivanov, A.V. Practical network diagnostics. Electronic resource. / A.V. Ivanov. ProLAN, 2003.
5. Olifer N.A., Olifer V.G. Analysis and optimization tools of local area networks. -Information technology centre, 1998. [Access mode: [http:// www.citforum.ru/nets/optimize/index_shtml](http://www.citforum.ru/nets/optimize/index_shtml)].
6. Network academy course CISCO CCNA 3 and 4. reference manual.: transl from English - M.: JSC I.D. Vil'yame, 2007. 994 p.
7. Baranov I. Yu., Pirogov V.V., Khristenko D.V. Intelligent administration management system of corporate information computer network development.- Datchiki i sistemy. No. 6, 2001. P. 42-46.
8. Rob England Introduction to real ITSM//transl. from English - M.: Livebook, 2010. - 132 p.
9. Richard W. Conway William L. Maxwell, Louis W. Miller Theory of Scheduling/Dover Pubns.
10. Grier R. Dispatch. Dispatch Solutions. - Catalyst Communications Technologies, Inc. - Retrieved 28 May 2011
11. Mishin D.V., Monakhov M. Yu. Functional elements priorities of administration tasks in corporate data transmission networks.- *Proyektirovaniye i tekhnologiya elektronnykh sredstv*. No. 4. – 2010. P. 15-19.
12. Mishin D.V., Monakhova M. M. Mathematical model of functional elements priorities in corporate data transmission networks. - Informational technologies: science, engineering, technology, education, health: Abstracts of XIX international scientific applied research conference, P.IV (01-03 June 2011, Kharkov) / Ed. By Tovazhnyansky LL - Kharkov, NTU "XIII". - 376 p.
13. Greshilov A.A. Mathematical methods of decision making: manual. - 2nd ed., rev. - M.: Publishing house of BMSTU, 2014. - 647 p.
14. Mishin D.V., Monakhov M.Yu. On process computerization for providing functional stability of information and technology infrastructure of integrated CAM / *News of higher educational institutions. Instrument making*. 2012. T.55.№8. P. 46-49
15. Monakhov M. Yu. Methods and models of processing and information representation in distributed educational systems: thes. ... Doctor techn. sciences: 05.13.01, 05.13.10: defended in 2005 / Monakhov Mikhail Yuryevich. - Vladimir, 2005. – 418 p.
16. Mishin, D.V., Monakhova, M. M. Simulation research of optimization algorithms of CDTN administrative resources. - Problems of Informatics and modeling. Abstracts of the eleventh international technical and scientific conference. - Yalta Kharkov: NTU "XIII", 2011. - 84 p., In Russian; - P. 56.