

ЛОГИСТИКА

УДК 658.7:65.012.12

Кайгородцев А.А.

АДАПТАЦИЯ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК

Аннотация. Адаптация метода анализа иерархий к проблеме конфигурирования цепочек поставок выполнена на основании предложенных автором критериев оценки регионов размещения распределительных центров. Приводится описание имитационной модели выбора конфигураций цепочек поставок при определении места размещения логистических распределительных центров. Показан механизм использования результатов оценки регионов размещения логистических центров методом анализа иерархий в имитационной модели конфигурирования цепочек поставок.

Ключевые слова: цепочки поставок, распределительный центр, логистический центр, размещение, конфигурация, имитационная модель, метод анализа иерархий.

В период интенсивного развития логистики и информационных технологий продолжается интеграция логистических распределительных центров (РЦ) в цепочки поставок. Целесообразность таких решений на практике подтверждается ростом числа как уже функционирующих логистических распределительных центров, так и проектов по их созданию.

Одной из проблем формирования логистических распределительных систем, и, в частности, конфигурирования цепочек поставок, является выбор мест рационального размещения РЦ, т.е. элементов цепочек поставок, участвующих в накоплении, обработке и распределении запасов с целью повышения уровня логистического сервиса во взаимоотношении с потребителями, а также сокращения затрат на хранение. Данная проблема актуальна для следующих участников логистического рынка:

- производителей, дилеров, а также логистических операторов, организующих цепочки поставок на базе собственной или арендованной логистической инфраструктуры, которым важно оценить существующие предложения на рынке складской недвижимости и принять решение об использовании готового варианта РЦ, либо его строительстве собственными силами;
- девелоперов складской недвижимости, которым требуется организовать строительство перспективного РЦ в месте, наиболее полно удовлетворяющем потребности будущего пользователя.

Различных вариантов размещения может оказаться большое количество, что делает задачу выбора приемлемого варианта весьма трудоёмкой. Неточность при выборе может привести в дальнейшем к потерям прибыли компании и не оправдать инвестиционных затрат. Кроме того, развитие данного сегмента логистики в России сопряжено со значительными трудностями при выборе мест размещения рассматриваемых объектов на её большой, неравномерно освоенной территории с учётом инфраструктурных, климатических, экологи-

ческих, энергетических, трудовых и других ограничений (факторов размещения) [2].

Для усиления влияния многокритериальности, присущего задачам такого рода, автором предложено использование метода анализа иерархий (МАИ). МАИ принято считать одним из наиболее известных и зарекомендовавших себя методов решения практических многокритериальных задач самого различного характера и сложности [1, 13]. Наиболее приемлемым этот подход представляется ввиду предусмотренной декомпозиции проблемы, возможности использования критериев, различных по весу-привлекательности, а также возможности оценки согласованности суждений экспертов или их групп. Метод анализа иерархий не требует упрощения структуры задачи, априорного отбрасывания некоторых признаков, однако позволяет разбить сложную проблему на ряд простых. Поэтому он эффективнее других аналитических инструментов позволяет учитывать влияние всевозможных факторов на принятие решения. Кроме того, традиционные подходы имеют ограничения из-за сложности в формализации ряда факторов, влияющих на размещение РЦ [3, 4].

С целью адаптации метода анализа иерархий к проблеме оценки вариантов мест размещения РЦ автором сформулирована система факторов (параметров, показателей), оказывающих влияние на выбор варианта размещения РЦ. Уточним, что для упрощения восприятия лицом, принимающим решение (экспертом), или их группой структуры иерархии проблемы выбора РЦ, а также уменьшения объёма вычислений, проводимых с помощью МАИ, указанные факторы классифицированы по своей природе в следующие группы: потоковые; географические; инфраструктурные; экономико-географические; политические и экономические [5, 10]. Кроме того, для унификации и повышения гибкости процедур оценки и расчётов, выполняемых с помощью МАИ, автором при помощи инструмента имитационного моделирования AnyLogic разработана следующая модель.

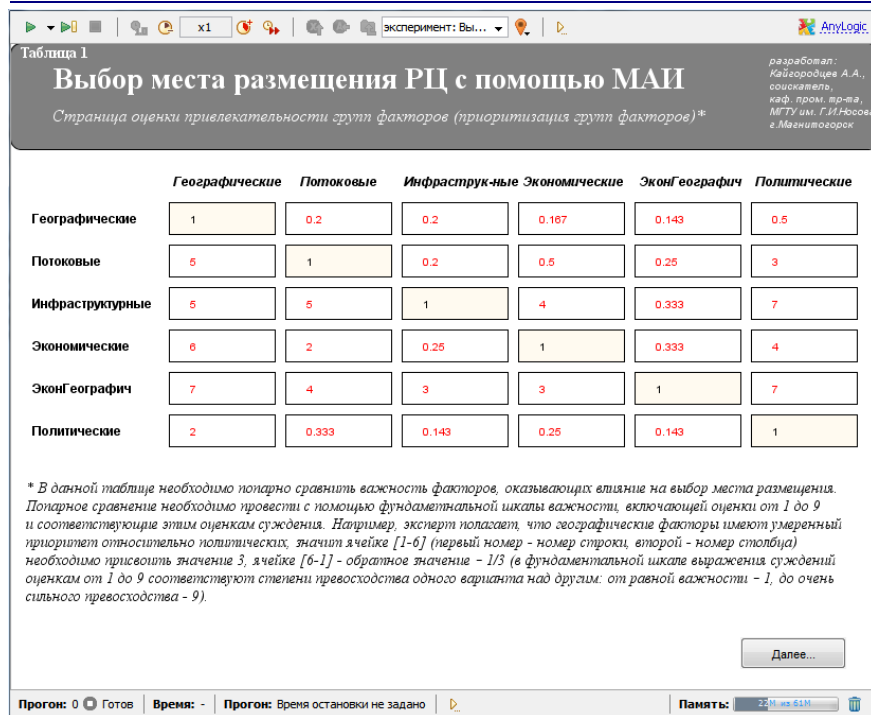


Рис. 1. Пример исходных данных для модели выбора места размещения РЦ – матрица попарного сравнения групп факторов

Чтобы оценить приоритет каждой группы факторов, согласно МАИ, необходимо составить матрицы парных сравнений критериев между собой (рис.1), а далее – матрицы парных сравнений вариантов между собой относительно каждого критерия (рис.2). Совокупность этих матриц составляют «оценочную» часть модели. Элементами матриц являются суждения, отражающие предпочтения экспертов, участвующих в выборе из представленных вариантов. Суждения представлены вербальными и числовыми оценками по девяти бальной фундаментальной шкале [4]. При оценке приоритетов учитывается, что, если предпочтительность i -й альтернативы по сравнению с j -й имеет одно из приведённых в фундаментальной шкале значений, то оценка предпочтительности j -й альтернативы перед i -й будет иметь обратное значение, т.е., если x предпочтительнее y в пять раз ($x=5y$), тогда $y=x/5$ или $y=1/5x$. Например, эксперт полагает, что потоковые факторы имеют умеренный приоритет относительно политических, значит ячейке w_{26} (где 2 – номер строки, 6 – номер столбца), находящейся на пересечении строки «Географические» и столбца «Политические» необходимо, присвоить значение 3, ячейке w_{62} – обратное значение 1/3.

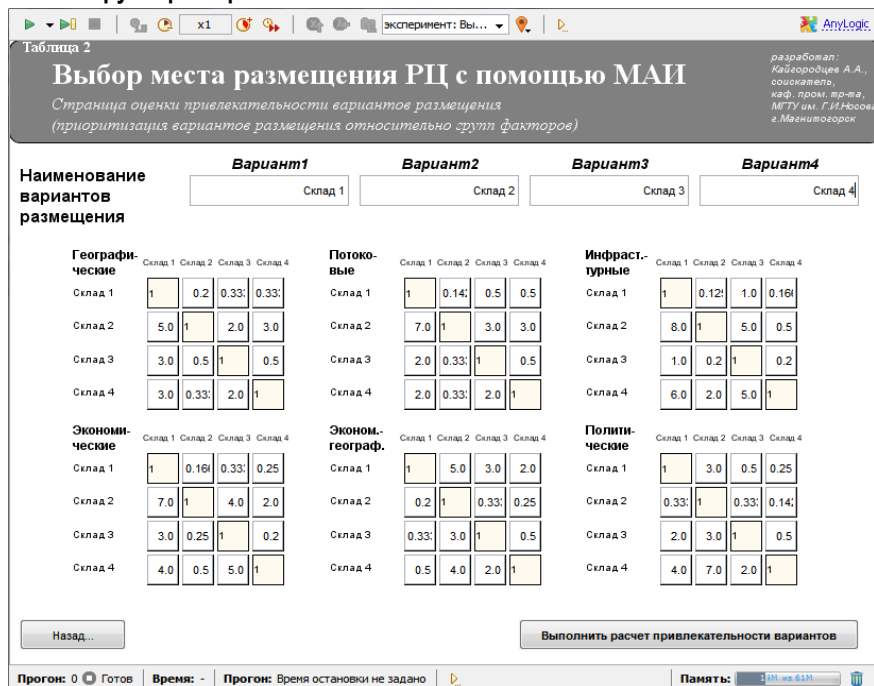


Рис. 2. Пример матриц попарных сравнений вариантов размещения РЦ

Далее рассчитываются значения глобального вектора приоритета вариантов. После приведения введённых значений к единице получено, что наивысшей оценкой обладает вариант размещения распределительного центра на складской площадке №4. Следующим вариантом по степени приоритетности является вариант размещения РЦ на складской площадке №2, его глобальный приоритет, равен 0.794 (рис. 4).

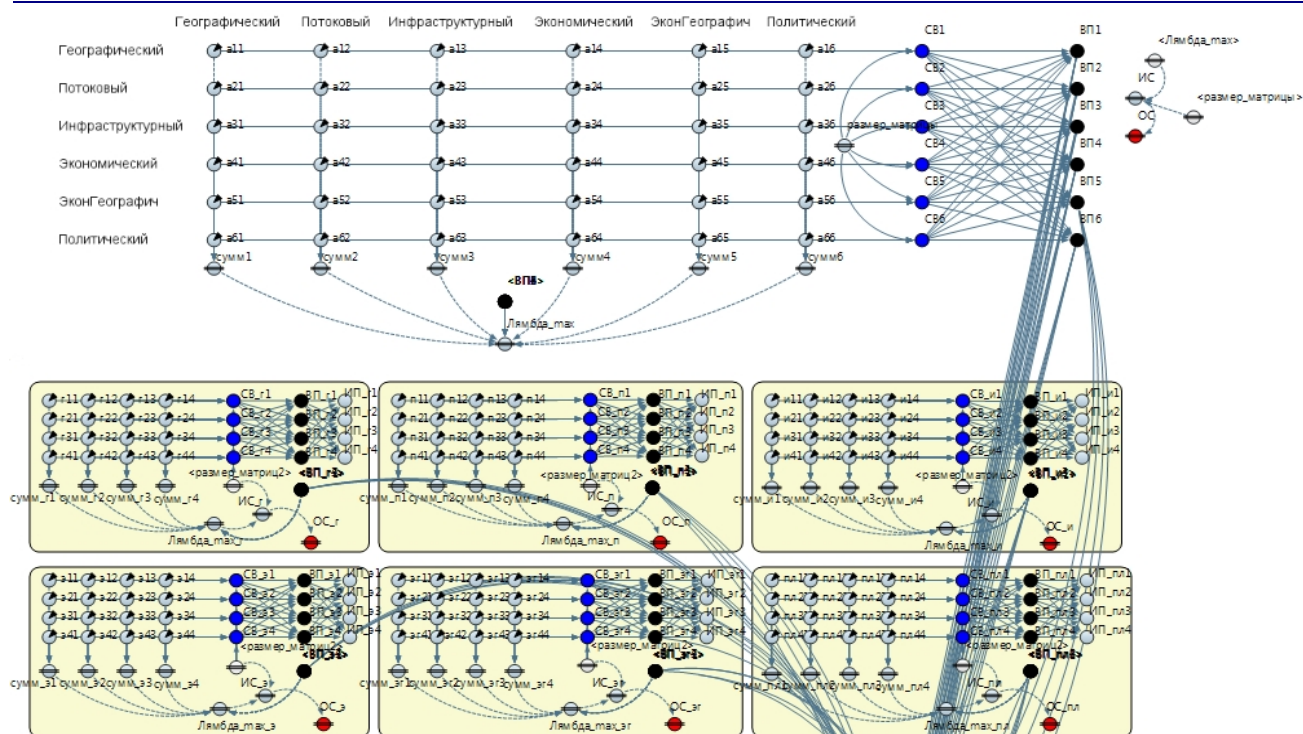


Рис. 3. Структура «исполняемой» части модели, обеспечивающей выбор варианта размещения распределительного центра

Необходимо заметить, что выставление оценок экспертом является субъективной процедурой и может порождать несогласованные оценки. Дополнительным результатом применения МАИ, позволяющим оценить степени нарушения численной (кардинальной, $w_{ij} = w_{jk}$) и транзитивной (порядковой) согласованности, является индекс согласованности, средние значения которого для случайных матриц разной размерности представлены в работах [11,12]. Для улучшения степени согласованности, методикой применения МАИ рекомендуется пересмотр или уточнение критериев, использованных при выставлении оценок [11].

С целью контроля согласованности оценок, выставляемых экспертом, в модели предусмотрена возможность вывода сообщения о несогласованности и необходимости уточнения оценок попарного сравнения как на этапе сравнения критериев, так и на этапе сравнения вариантов размещения. На рис.5 представлен пример результата моделирования, полученного несогласованными оценками, и рекомендация модели по уточнению исходных данных с указанием ошибочной группы факторов (в примере – географических).

Резюмируя сказанное, следует отметить, что в данной работе автором предлагается инструмент поддержки

принятия управленческого решения, основанный на методе анализа иерархий, адаптированном к проблеме конфигурирования цепочек поставок, на основании предложенных критериев оценки. Использование квалифицированным экспертом данного инструмента, например, для решения многокритериальной задачи выбора места размещения логистического распределительного центра в ситуации недостатка объективных

AnyLogic

разработчик: Кайгородцев А.А., соискатель, Каф. пром. ин-та, ИТУ им. Г.И.Носова в Магнитогорске

Таблица 3

Результаты расчета глобального приоритета вариантов размещения РЦ

Нормированный приоритет группы факторов	Географические	Потоковые	Инфра-структурные	Экономические	Экономико-географические	Политические	Глобальный приоритет вариантов*
Распределенный способ							
Склад 1	0.08	0.085	0.088	0.083	0.472	0.151	0.233
Склад 2	0.483	0.554	0.369	0.469	0.073	0.088	0.278
Склад 3	0.192	0.149	0.078	0.114	0.17	0.254	0.138
Склад 4	0.246	0.211	0.488	0.325	0.285	0.527	0.35
Идеальный способ							
Склад 1	0.165	0.154	0.137	0.125	1	0.288	0.666
Склад 2	1	1	0.76	1	0.154	0.13	0.794
Склад 3	0.398	0.27	0.161	0.227	0.359	0.481	0.394
Склад 4	0.508	0.381	1	0.85	0.804	1	1

* Наименование и оценка наиболее привлекательного варианта согласно расчетам, выполненным с помощью МАИ, выделены красным цветом. В случае "распределенного" способа расчета, наиболее привлекательный вариант имеет самую высокую расчетную оценку глобального приоритета, при "идеальном" способе максимальная оценка приравнивается к "1", остальные оценки пропорционально пересчитываются.

Прогноз: 0 ☒ Выполняется | Время: 13.45 | Прогноз: Времени остановки не задано | Память: 25M из 55M

Рис. 4. Пример представления результатов моделирования в случае согласованных оценок

Таблица 3

Результаты расчета глобального приоритета вариантов размещения РЦ

разработчик: Кайгородцев А.А., соискатель, Каф. пром. тр-ва, МГТУ им. Г.И.Носова г.Магнитогорск

Нормированный приоритет группы факторов	Географические	Потоковые	Инфра-структурные	Экономические	Экономико-географические	Политические	Глобальный приоритет вариантов*
	0.239	0.118	0.186	0.103	0.311	0.043	
Распределенный способ							
Склад 1	0.049	0.085	0.066	0.063	0.472	0.151	0.194
Склад 2	0.566	0.554	0.359	0.499	0.073	0.068	0.346
Склад 3	0.149	0.149	0.078	0.114	0.17	0.254	0.143
Склад 4	0.236	0.211	0.486	0.325	0.285	0.527	0.317
Идеальный способ							
Склад 1	0.087	0.154	0.137	0.125	1	0.286	0.561
Склад 2	1	1	0.76	1	0.154	0.13	1
Склад 3	0.263	0.27	0.161	0.227	0.359	0.481	0.413
Склад 4	0.418	0.381	1	0.65	0.604	1	0.915

Таблица 1 не согласована, пож-та, проверьте оценки попарной приоритизации!

Таблица 2 не согласована, пож-та, проверьте оценки попарной приоритизации для оценки вариантов по критерию: Географические

* Наименование и оценка наиболее привлекательного варианта согласно расчетам, выполненным с помощью МАИ, выделены красным цветом. В случае "распределенного" способа расчета, наиболее привлекательный вариант имеет самую высокую расчетную оценку глобального приоритета, при "идеальном" способе максимальная оценка приравнивается к "1", остальные оценки пропорционально пересчитываются.

Прогон: 8 Выполняется | Время: 45.05 | Прогон: Время остановки не задано | Память: 5М из 56М

Рис. 5. Пример представления результатов моделирования в случае несогласованных оценок

данных, позволяет снизить риск принятия неверного решения.

Добавим, что, выбирая вариант размещения РЦ с помощью МАИ, следует учитывать, что реальный объект функционирует в ситуации постоянного контакта с динамичной внешней средой – нелинейной системой, которой присущи обратные связи и стохастические процессы. Кроме того, причины и следствия сложных систем разнесены во времени и пространстве, поэтому трудно предсказать, какие последствия вызовет то или иное управленческое решение. Основные причины низкой эффективности принятия решений в динамичной управленческой среде [9]:

- недооценка и ошибочное восприятие эффектов обратной связи;
- упрощение реальности и выборочное использование информации;
- ограниченность по времени процесса принятия решений;
- неопределённость и сложность окружающей среды.

Томас Саати, обобщая метод анализа иерархий, предложил использовать метод аналитических сетей (МАС) [12], позволяющий учитывать обратные связи в исследуемой системе. Однако, по мнению авторов, перспективным подходом для принятия управленческого решения, связанного с инфраструктурными инвестиционными проектами, является сочетание МАИ и многоподходного имитационного моделирования [6]. Данное утверждение связано со сложностью в реализации МАС, что может вызывать практические сложности. К тому же, развитие современных инструментов имитационного моделирования и высокая вычислительная мощность технических средств значительно упрощают процессы построения моделей и проведения экспериментов [7].

При принятии решений о размещении РЦ на стратегическом уровне управления, не требующем оценки конкретных параметров проекта (например, размер грузовой единицы, партии, скорость потока, технология работы РЦ и т.п.), достаточно реализовать системно-динамическую модель, с помощью которой провести эксперименты и сравнить результаты для вариантов, имеющих наибольшие значения глобального приоритета согласно МАИ [8]. На этапе проектирования, с помощью дискретно-событийного имитационного моделирования имеет смысл оценивать результаты работы альтернативных цепочек поставок с участием РЦ, варьируя, например, такие их параметры, как частота поставок и размер партии, поступающей в РЦ, количество и грузоподъемность автомобилей [6], обеспечивающих доставку из РЦ до складов.

Список литературы

1. Бродецкий Г.Л., Терентьев П.А. Применение метода аналитической иерархии для оптимизации места расположения регионального распределительного центра // Логистика и управление цепями поставок. 2005. №1(6). С.26-34.
2. Кайгородцев А.А. Система факторов, оказывающих влияние на выбор места размещения логистического распределительного центра // Менеджмент сегодня. 2012. № 4 (70). С. 214-224.
3. Кайгородцев А.А. Проблема выбора места размещения логистического распределительного центра. Существующие подходы к решению // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2011. № 1. С.39-48.
4. Кайгородцев А.А., Рахмангулов А.Н. Система методов выбора места размещения логистического распределительного центра //Современные проблемы транспортного комплекса России.2012.№2. С.23-37.
5. Кайгородцев А.А., Рахмангулов А.Н. Факторы эффективности логистических распределительных центров // Вестник транспорта Поволжья.2013. №2(38). С.11-19.
6. Кайгородцев А.А., Рахмангулов А.Н. Применение имитационного моделирования в предпроектной оценке варианта размещения распре-

- делительного центра продукции промышленного предприятия // Материалы 4-й всерос. науч.-практ. конф. по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. С-Пб.: ЦТСиС, 2009. Т.2. С.90-95.
7. Кайгородцев А.А. Структура и функции имитационной модели производственно-транспортного комплекса ОАО «ММК» / Тезисы докладов Международной научно-технической конференции молодых специалистов ОАО «ММК». Магнитогорск: ММК, 2007. С.172-173.
 8. Кайгородцев А.А. Оценка возможностей и перспектив развития транспортной инфраструктуры ОАО «ММК» на основе имитационного моделирования / Тезисы докладов Международной научно-технической конференции молодых специалистов. Магнитогорск: ММК, 2008. С.179-181.
 9. Каталевский Д.Ю. Основы имитационного моделирования и систем-

ного анализа в управлении. М.: Издательство Московского университета, 2011. 304 с.

10. Рахмангулов А.Н., Кайгородцев А.А. Факторы выбора мест размещения логистических распределительных центров // Сборник научных трудов SWorld. 2012. Т.1. №4. С. 27-36.
11. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. М.: Радио и связь, 1991. 224 с.
12. Саати Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. М.: Издательство ЛКИ, 2008. 360 с.
13. Altintas O., Keuschen Th., Saur A., Klumpp M. Analytical Hierarchy Process for Location Problems in Logistics. In: Grubbström, R.W./Hinterhuber, H.H. (eds.): 16th International Working Seminar on Production Economics, Conference Proceedings, Innsbruck 01.-05.03.2010. Innsbruck (Eigenverlag), Vol. 3, pp. 1-12.

Сведения об авторе

Кайгородцев Артём Анатольевич – менеджер, ООО «Торговый дом ММК», г. Магнитогорск, Россия. Тел.: +7-3519-24-44-54. E-mail: kaygorodtsev.aa@tdmmk.ru.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

ADAPTATION METHOD OF HIERARCHY ANALYSIS WITH THE PROBLEM OF SUPPLY CHAIN CONFIGURATION

Kajgorodtsev Artem Anatol'evich – Manager, LLC «Trading House of Magnitogorsk Iron and Steel Works», Magnitogorsk, Russia. Phone: +7-3519-24-44-54. E-mail: kaygorodtsev.aa@tdmmk.ru.

Abstract. Adaptation method of hierarchy analysis with the problem of supply chain configuration has done on the basis of assess regional distribution centers location criteria which is proposed by the author. The simulation model description of the configurations selection of supply chains in determining placement of logistics distribution centers have presented. The mechanism of evaluation results of regional centers using of logistics centers in the analytic hierarchy process simulation model of supply chain configuration.

Keywords: supply chains, distribution center, logistics center, location, configuration, simulation model, analytic hierarchy process.

References

1. Brodeckij G.L., Terent'ev P.A. Primenenie metoda analiticheskoy ierarhii dlya optimizatsii mesta raspologheniya regional'nogo raspredelitel'nogo centra [Application of the analytic hierarchy process to optimize the location of a regional distribution center] // Logistika i upravlenie cepjami postavok [Logistics and Supply Chain Management]. 2005, no. 1(6), pp. 26-34.
2. Kajgorodtsev A.A. Sistema faktorov, okazyvajushhih vlijanie na vybor mesta razmeshheniya logisticheskogo raspredelitel'nogo centra [System of factors that affect the choice of the location of logistics distribution center] // Menedzhment segodnja [Management Today]. 2012, no. 4(70), pp. 214-224.
3. Kajgorodtsev A.A. Problema vybora mesta razmeshheniya logisticheskogo raspredelitel'nogo centra. Sushhestvujushhie podhody k resheniju [The problem of the siting logistics distribution center. Approaches to solving] // Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii [Modern Problems of Russia Transport Complex]. 2011, no.1, pp. 39-48.
4. Kajgorodtsev A.A., Rakhmangulov A.N. Sistema metodov vybora mesta razmeshheniya logisticheskogo raspredelitel'nogo centra [System of methods to choice a logistic distribution center location] // Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii [Modern Problems of Russia Transport Complex]. 2012, no.2, pp. 23-37.
5. Kajgorodtsev A.A., Rakhmangulov A.N. Faktory jeffektivnosti logisticheskikh raspredelitel'nyh centrov [Factors of logistics and distribution centers efficiency] // Vestnik transporta Povolzh'ja [Bulletin of the Volga Transport]. 2013, no.2(38), pp. 11-19.
6. Kajgorodtsev A.A., Rakhmangulov A.N. Primenenie imitacionnogo modelirovanija v predproektnoj ocenke varianta razmeshheniya raspredelitel'nogo centra produkci promyshlennogo predpriatija [Application of the

simulation in pre-assessment of options for placement of the distribution center for production of the industrial enterprises] // Materialy 4-j vsoros. nauch. – prakt. konf. po imitacionnomy modelirovaniju i ego primeneniju v nauke i promyshlennosti [Materials of IV scientific and practical conference Simulation Modeling in Science and Industry], St.Petersburg: CTSiS, 2009, pp. 90-95.

7. Kajgorodtsev A.A. Struktura i funkcii imitacionnoj modeli proizvodstvenno-transportnogo kompleksa ОАО «ММК» [Structure and function of industrial and transport simulation model on JSC «ММК»] // Tezisy dokladov mezhdunar. nauch. – tehn. konf. molodyh specialistov ОАО «ММК» [Abstracts of the reports International scientific and technical conference of young engineer JSC «ММК»]. Magnitogorsk: ММК, 2007, pp. 172-173.
8. Kajgorodtsev A.A. Ocenka vozmozhnostej i perspektiv razvitiya transportnoj infrastruktury ОАО «ММК» na osnove imitacionnogo modelirovanija [Assessment of opportunities and prospects of development JSC «ММК» transport infrastructure on the basis simulation modeling] / Tezisy dokladov mezhdunar. nauch. – tehn. konf. molodyh specialistov ОАО «ММК» [Abstracts of the reports International scientific and technical conference of young engineer JSC «ММК»]. Magnitogorsk: ММК, 2008, pp. 179-181.
9. Katal'evskij D. Ju. Osnovy imitacionnogo modelirovanija i sistemnogo analiza v upravlenii [Simulation modeling and system analyze in management]. Moscow: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 2011, 304 p.
10. Rakhmangulov A.N., Kajgorodtsev A.A. Faktory vybora mesta razmeshheniya logisticheskikh raspredelitel'nyh centrov [Distribution centers location choice factors] // Sb. nauch. trudov SWorld [Proceeding SWorld]. 2012, Vol.1, no.4, pp. 27-36.
11. Saati T., Kerns K. Analiticheskoe planirovanie. Organizacija system [Analytical Planning: The Organization of Systems]. Moscow: Radio i svjaz', 1991, 224 p.
12. Saati T. Prinjatje reshenij pri zavisimostjah i obratnyh svyazjah: Analiticheskie seti [Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process]. Moscow: Izdatel'stvo LKI, 2008. 360 p.
13. O.Altintas, Th.Keuschen, A.Saur, M.Klumpp. Analytical Hierarchy Process for Location Problems in Logistics. In: Grubbström, R.W./Hinterhuber, H.H. (eds.): 16th International Working Seminar on Production Economics, Conference Proceedings, Innsbruck 01.-05.03.2010, Innsbruck (Eigenverlag), Vol.3, pp. 1-12.