

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.143.145>

РЕШЕНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ ПРИЛОЖЕНИЯ STAMM 4.3

Научная статья

Маняшин А.В.^{1,*}¹ ORCID : 0000-0001-8637-0755;¹ Тюменский Индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (awm_zub[at]mail.ru)

Аннотация

Рассматриваются особенности решения логистических задач с помощью современных средств компьютерного моделирования. Применение специализированного программного обеспечения позволяет получить результаты оптимизации или оценки рисков при управлении логистикой в максимально короткие сроки. В работе анализируются различные пакеты прикладных программ, предназначенные для этой цели. Рассмотрены проблемы разработки моделей логистики, например, сложность данных, что может затруднить их анализ и использование для построения моделей, неопределенность некоторых факторов, используемых в подобных моделях, таких как изменения в спросе, транспортные задержки или проблемы с поставками, что усложняет прогнозирование и планирование, кроме того логистические сети могут быть очень большими и сложными, что требует учитывать множество переменных и ограничений. Представлена методика решения задач логистики в системе Stamm 4.3, основанная на объектно-ориентированном подходе, UML-моделировании и табличной имитации.

Ключевые слова: имитационное моделирование, логистика, оптимизация управления запасами, объектно-ориентированный подход, UML-моделирование.

SOLVING LOGISTICS PROBLEMS WITH THE STAMM 4.3 APPLICATION

Research article

Manyashin A.V.^{1,*}¹ ORCID : 0000-0001-8637-0755;¹ Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation

* Corresponding author (awm_zub[at]mail.ru)

Abstract

The specifics of solving logistics problems with the help of modern computer modelling tools are examined. The use of specialized software allows to obtain the results of optimization or risk evaluation in logistics management in the shortest possible time. The work analyses various application software packages designed for this purpose. The problems of developing logistics models are discussed, such as the complexity of data, which can make it difficult to analyse and use them to build models, the uncertainty of some of the factors used in such models, such as changes in demand, transport delays or supply problems, which complicates forecasting and planning, in addition logistics networks can be very large and complex, which requires taking into account many variables and constraints. A methodology for solving logistics problems in Stamm 4.3 based on object-oriented approach, UML modelling and table simulation is presented.

Keywords: simulation modelling, logistics, inventory management optimization, object-oriented approach, UML modelling.

Введение

Использование компьютерного моделирования при решении задач оптимизации логистики предполагает некоторые особенности [1], [2], [3], [4]:

1. Автоматизация процесса принятия решений. Компьютерное моделирование позволяет быстро создавать и анализировать различные сценарии, что упрощает процесс принятия решений.

2. Учет большого количества факторов. Логистические системы могут быть очень сложными и включать множество факторов, таких как время доставки, стоимость перевозки, объем груза и т.д. Компьютерное моделирование позволяет учитывать все эти факторы и оптимизировать работу системы в целом.

3. Возможность проведения экспериментов. С помощью компьютерного моделирования можно проводить эксперименты и проверять различные гипотезы, что позволяет улучшить работу логистической системы.

4. Более точный анализ данных. Компьютерное моделирование позволяет проводить более точный анализ данных и выявлять скрытые закономерности, что может привести к более эффективной оптимизации логистической системы.

5. Снижение рисков. Компьютерное моделирование позволяет предсказать возможные проблемы и риски, связанные с логистической системой, что позволяет принимать меры для их минимизации.

Существует значительное количество программного обеспечения, которое может использоваться для решения логистических задач. Отметим среди наиболее известных, выделяя особенности:

1. Excel – один из самых популярных инструментов для подобной цели. Он позволяет создавать таблицы, графики и диаграммы, а также проводить анализ данных и оптимизацию.

2. MATLAB – мощный инструмент для решения математических задач, включая логистические. Он предоставляет широкий спектр функций и инструментов для анализа данных, моделирования и оптимизации.

3. GAMS (General Algebraic Modeling System) – программное обеспечение, которое используется для моделирования и оптимизации логистических систем. Оно позволяет создавать и решать сложные математические модели с помощью специального языка моделирования.

4. Llamasoft – программное обеспечение, которое используется для оптимизации логистических систем и управления цепями поставок. Оно позволяет проводить анализ данных, моделирование и оптимизацию, а также предоставляет инструменты для управления рисками и принятия решений.

5. Simul8 – программное обеспечение, которое используется для моделирования и оптимизации бизнес-процессов и логистических систем. Оно позволяет создавать имитационные модели, анализировать данные и проводить оптимизацию.

6. AnyLogic – среда имитационного моделирования, используемая для моделирования и оптимизации сложных систем, включая логистические. Она предоставляет широкий спектр инструментов для моделирования, анализа и оптимизации, а также позволяет использовать различные методы моделирования, включая системную динамику, агентное моделирование и дискретно-событийное моделирование.

Кроме того, имеется много программных продуктов, решающих строго ограниченный перечень задач, например, использование динамического и стохастического программирования для решения оптимизационных задач [5], оптимизация процессов и систем с использованием функций MatLab и Excel [6], моделирование и оптимизация цепей поставок [7].

По данным компании XJ Technologies (производителя упомянутого выше пакета Anylogic), наибольшим спросом сегодня пользуются именно имитационные модели, реализованные для области логистики [8].

Рассмотренные выше пакеты программ в той или иной степени решают обозначенные проблемы при компьютерном моделировании логистических задач, обладая при этом определенными недостатками. Например, все вышеперечисленное – это коммерческие продукты с приличной ценой, кроме того, в связи с политикой западных санкций в отношении России многие из них просто недоступны нашим потребителям [9].

Объект и методы исследования

В качестве объекта исследования в данной работе выступают типовые логистические задачи. Для их решения используется некоммерческий продукт Stamm 4.3.

Данное приложение разрабатывается и совершенствуется автором более 20 лет, и если изначально система предназначалась для организации простейшего имитационного моделирования с помощью электронных таблиц, то в настоящее время доступны ряд функций, которые позволяют решать самые разные задачи [10], [11], [12], [13].

В качестве примера рассмотрим простейшую задачу оптимизации запасов, реализованную с помощью Excel. Данная модель учитывает однопериодную модель управления запасами. Необходимо определить размер заказываемой партии Part на какой-то будущий промежуток времени, если известно, что спрос D – случайная величина с нормальным законом распределения (среднее значение равно M_c , среднее квадратическое отклонение – Sc). В том случае, если спрос будет меньше той партии, которая была заказана, то издержки составят величину

$$C = Ch \cdot (Part - D)$$

где Ch – стоимость хранения единицы товара.

В случае, если заказанной партии окажется недостаточно для удовлетворения спроса, то затраты будут включать издержки дефицита

$$C = Cd \cdot (D - Part),$$

где Cd – штраф за дефицит единицы товара.

Задача решается многократным проигрыванием ситуации на складе с учетом заданного закона распределения спроса. В случае использования Excel имеет место псевдо-имитационное моделирование, так как варьирование спроса осуществляется в результате изменения связанных ячеек в соседних строках, а такие параметры модели как начальный уровень запаса и объем производства вводятся в модель вручную (рис. 1). Это связано с ограничениями Excel на использование перекрестных ссылок.

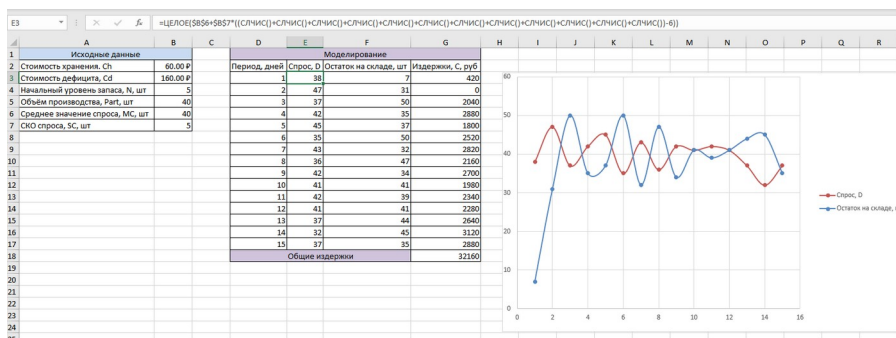


Рисунок 1 - Моделирование системы с однопериодным пополнением запаса в Excel

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.143.145.1>

В случае потребности в многошаговом Монте-Карло использовать такую модель не очень удобно. Эта же задача в Stamm решается намного проще и выглядит компактнее (рис. 2).

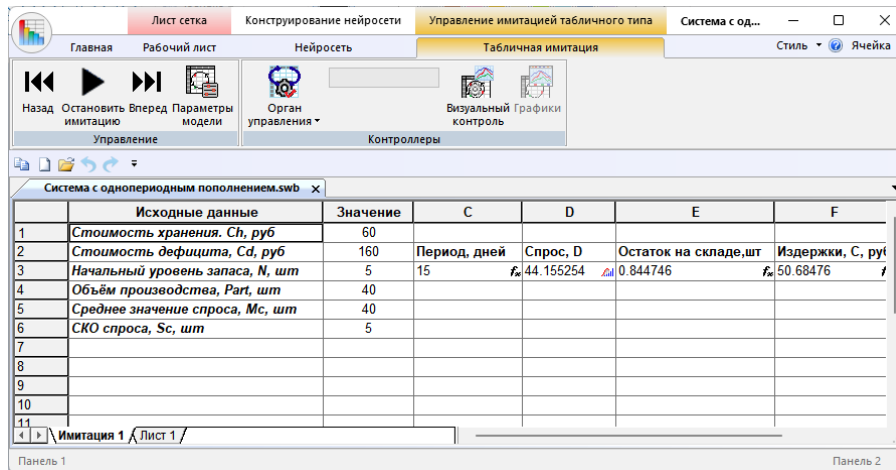


Рисунок 2 - Моделирование системы с однопериодным пополнением запаса в Stamm 4.3

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.143.145.2>

При этом наблюдать за изменением системы можно в отдельном окне, добавляя туда необходимые для контроля переменные (рис. 3).

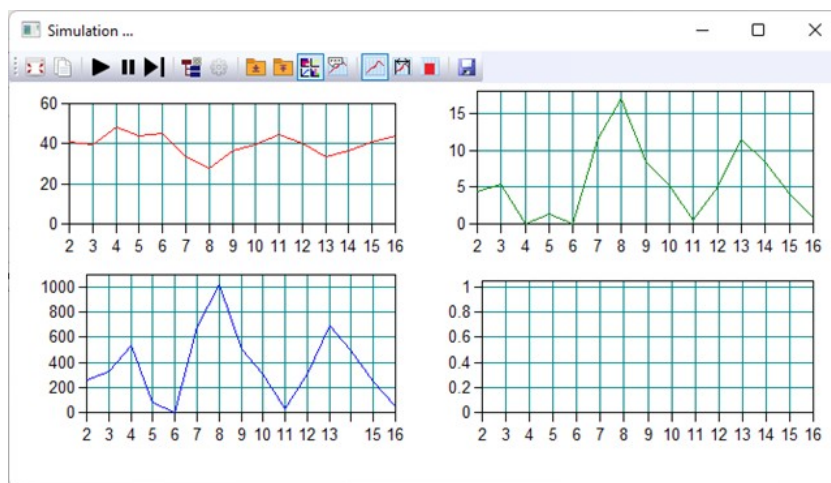


Рисунок 3 - Окно контроля параметров при табличной имитации

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.143.145.3>

Примечание: Stamm 4.3

Однако наиболее удобно решать оптимизационные задачи логистики, используя весь потенциал рассматриваемой системы. Имеется ряд разноплановых задач оптимизации логистических систем, тем не менее имеющих схожие элементы.

Укрупненный алгоритм имитации с помощью ячеек в таблице предусматривает следующие действия (рис. 4). Инициализацию переменных виртуального модельного времени – начального значения (T_0), конечного (T_{max}) и шага моделирования (ΔT).

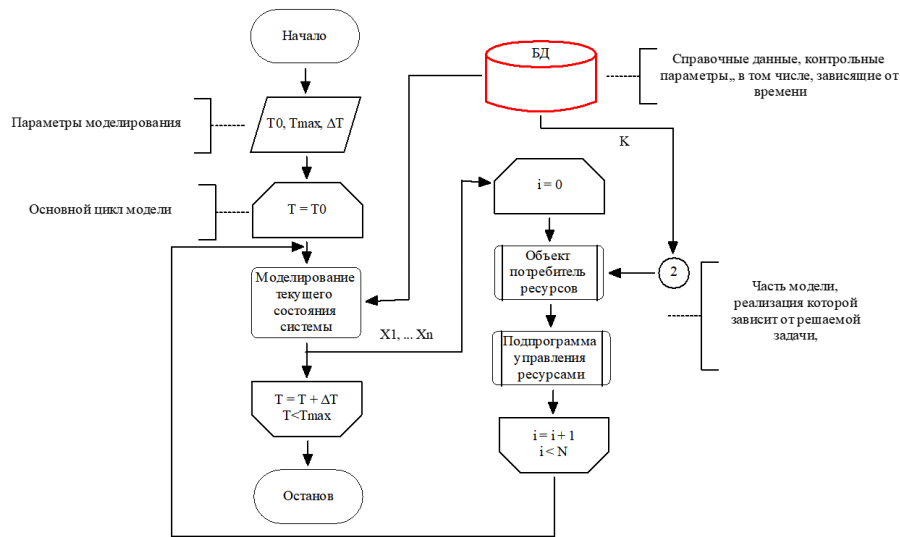


Рисунок 4 - Основной алгоритм табличной имитации
 DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.143.145.4>

Примечание: *Stamm 4.3*

До истечения модельного времени выполняется цикл, на каждом шаге которого определяется текущее состояние системы, в том числе внутри главного цикла модели при необходимости имеется вложенный цикл, обрабатывающий состояние конечного числа однотипных виртуальных объектов. Такие объекты в соответствии с принципами объектно-ориентированного моделирования имеют одинаковую структуру, набор переменных параметров, связи с другими компонентами модели.

В случае решения большого круга задач в области логистики на транспорте, можно выделить объекты класса «Потребитель ресурсов». Экземплярами такого класса могут быть, например, автомобили, расходующие в процессе эксплуатации топливо, шины и т.п. Этот расход Y является функцией внешних и иных факторов (X_1, X_2, \dots, X_n) и времени. В свою очередь, этот класс имеет два принципиально разных производных класса, непрерывно расходующих ресурс с течением времени и потребляющих его дискретно. К особенностям последнего можно отнести изменение своего состояния в процессе потребления ресурса. Примерами второго подкласса являются автомобили, периодически проходящие плановое техническое обслуживание и нуждающиеся в замене некоторых деталей, масла и т.п. На рисунке 5 представлен алгоритм обработки объектов такого класса в табличной имитации. Данный алгоритм, как и сам класс, является абстрактным, его конкретная реализация будет зависеть от особенностей моделируемого объекта.

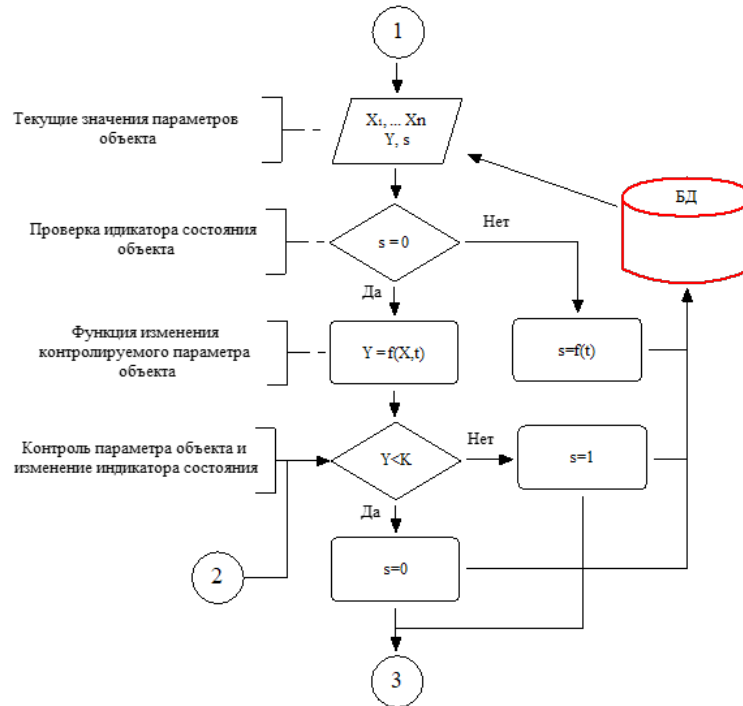


Рисунок 5 - Шаблон алгоритма «Объект потребитель ресурсов» в программе Stamm 4.3
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.143.145.5>

Основные результаты

В процессе имитационного моделирования логистических задач, предусматривающих в качестве компонентов модели большое число однотипных объектов, таких как автомобили, с целью экономии памяти ПК нецелесообразно использовать копии каждого из них во время всей жизни модели. Рассматриваемая в работе имитационная модель на базе электронных таблиц предусматривает обработку всех объектов на каждом шаге моделирования с чтением текущего состояния из базы данных и дальнейшим сохранением изменений (рис. 4, 5).

С использованием рассмотренных подходов было разработано несколько имитационных моделей в системе Stamm. Например, модель оптимизации запасов пневмобаллонов автобусов (рис. 6).

Simulation of air suspension buses failures.swb										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Current	day	1	Temperature	-13.67		Intensity	On the line	Error!	
2		month	1	Precipitation	0.86		0.018623956	Reserve	1	
3	Days from the beginning of		6							
4	Number of buses		98	Pneumoballons						
5	Bus number	Initial status	Mileage	1	2	3	4			
6		0	200.92879	0.9992050645	0.888982975	0.004440761	0.003037281	80775.30619		
7				75357.945912	69629.04215	704.341766	66403.80351			
8				0.0132844886	0.0078160665	0.009170857	0.876281338	Repair	Status after the run	Waiting
9				6	70555.98212	76518.25982	70301.08737	0	0	0
10	Expenses			Current			Refusals			
11	Simple 1 bus per day	9600	Under repair	60	180000	In stock	200		Maximum level	200
12	The cost of a pneumatic cy	15000	Waiting	0	0	Order	0	0	Minimum level	180
13	Replacement	3000		For storage	2883673.469				Term of execution	90
14	Storage of 1 pneumatic cyli	150		Order	0				Ordered	0
15	Ordering 1 cylinder	1000		Total	3063673.469					

Рисунок 6 - Модель оптимизации запасов пневмобаллонов в программе Stamm 4.3
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.143.145.6>

Воспроизведение состояния пневмоподвески автобусов осуществляется в ячейках А6..J9. Данные о текущем состоянии по автобусу моделируются с помощью специальных ячеек-контроллеров (рис. 7).

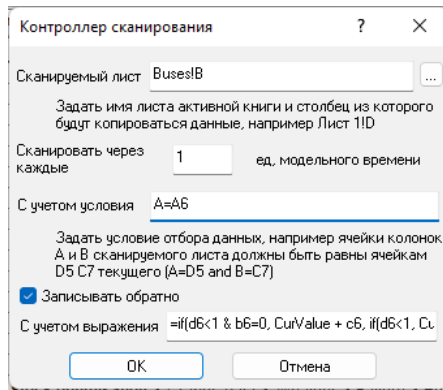


Рисунок 7 - Ячейка-контроллер для обмена данными с таблицей «Buses»
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.143.145.7>

Содержимое таблицы «Buses» изменяется по каждому автобусу при изменении модельного времени (рис. 8). Факторы, влияющие на расход ресурса пневмобаллонов, содержатся в ячейках E1, E2, G2 таблицы, содержащей имитационную модель «Stock optimisation» (рис. 6), они, в свою очередь, зависят от температуры окружающей среды и других условий эксплуатации, представленных в табличном виде, лист «Weather» (рис. 9).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	1	6493.292485	4617.904036	1863.267245	74494.653682	10465.268514	68360.030105	75832.607214	2100.58857	0.0974177881
2	2	76475.254842	76003.355192	73692.325674	3451.349192	9229.160652	8283.493186	4145.04208	67661.848543	0.9667552624
3	3	5112.429271	3064.428494	77391.257163	69586.15618	4192.627909	76477.99637	6026.281955	76477.99637	0.0711157858
4	4	73675.53813	231.019163	666.78761	72961.349555	70883.693225	5684.270259	67677.507173	0	0.9384054064
5	5	8073.341745	75211.234644	75669.466557	73558.38972	1866.477539	76127.101054	73325.077155	78703.992504	0.1214573356
6	6	77084.876297	5051.135174	1582.475005	2255.023158	1365.890057	5758.637037	2255.023158	77084.876297	0.9727678269
7	7	75357.945912	69629.04215	704.341766	66403.803511	73509.129309	70555.982124	76769.751737	75357.945912	0.9720495208
8	8	75346.721455	73960.905786	2944.143825	77011.303977	68183.144382	6157.344532	76518.259827	8685.074754	0.9731552641
9	9	6650.155863	3028.96286	1412.195131	3486.46304	75157.433282	8282.865919	923.709738	70301.087379	0.0983613635
10	10	75034.45921	1168.400369	74356.298566	3641.686899	5531.219582	8126.206053	69279.423975	75486.419159	0.9992050645
11	11	2517.655983	70686.661642	67448.614633	73378.431173	76338.680327	6707.506867	74758.185628	70899.024356	0.0324742761
12	12	1822.579731	3006.658465	903.415345	75791.401631	74201.460062	2286.73988	70044.358151	12847.780162	0.0175723849
13	13	75209.177298	76798.225978	74979.290249	684.366775	3203.510194	454.682858	684.366775	73801.330951	0.9980232840
14	14	77110.419566	72210.0212	5736.44431	5494.609573	1561.053242	77760.370218	4336.608878	4336.608878	0.9622465593
15	15	5101.93593	7869.020162	70677.566622	77045.574867	75685.158412	930.768092	4186.575085	66725.780501	0.0861957625
16	16	65064.545185	76188.96976	4416.578394	62974.938203	75731.593625	72308.95371	1110.856837	74180.108434	0.8045927448

Рисунок 8 - Лист с актуальными данными о состоянии автобусов «Buses»
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.143.145.8>

	A	B	C	D	E
1	1	-18.02	0.98	1.01	
2	2	-23.3	0.7	2.01	
3	3	-27.14	0.86	3.01	
4	4	-21.63	0.37	4.01	
5	5	-20.26	0.74	5.01	
6	6	-13.67	0.33	6.01	
7	7	-26.57	0.43	7.01	
8	8	-24.68	0.32	8.01	
9	9	-27.94	0.06	9.01	
10	10	-29.11	0.89	10.01	

Рисунок 9 - Лист с прогнозными данными о погоде и интенсивности эксплуатации «Weather»
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.143.145.9>

С использованием аналогичных алгоритмов разработаны также модели управления логистикой при ремонте и обслуживании вертолетного парка «Ютейр» на Севере Тюменской области (рис. 10) и ряд других.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Initial	01/01/2017	152.303030303	Flight experience			Flight experience norms		
2	Final	01/12/2021	Surgut	50	52	50	Engine TV2-117	Gearbox VR-8	Main rotor bushing
3	Current	02/06/2017	Noyabrsk	45	48	45	1500	1500	2000
4	Month	1	Tazovsky	85	69	85			
5			Novy Urengoy	100	100	100	The probability of extendi		0.957477
6	Number of aircraft	11							
7				Units					
8	№ aircraft	Basing	Total flying time	Engine TV2-117	Gearbox VR-8	Main rotor bus	Status		
9	3	Surgut	19787	0	970	1381	9		
10				2000	1500				
11			Replace						
12		Engine TV2-117	Gearbox VR-8	Main rotor bushing			Engine TV2-117	Gearbox VR-8	Main rotor bushing
13	Surgut	1	0	0	0	Surgut	1	1	1
14	Noyabrsk	0	0	1	0	Noyabrsk	-	-	-
15	Tazovsky	0	0	0	0	Tazovsky	-	-	-
16	Novy Urengoy	0	0	1	0	Novy Urengoy	-	-	-
17	Total	0	2	1	0	Total	-	-	Idle 1 aircraft per day 9600

Рисунок 10 - Табличная имитационная модель «Управление логистикой основных агрегатов к местам базирования вертолетов»

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.143.145.10>

Заключение

Предложенные методы организации имитационных моделей табличного типа позволят сократить время на их разработку, а также использовать базу данных текущего состояния объектов в ходе имитационного эксперимента для дополнительного анализа и принятия решений как в ходе моделирования, так и при его завершении. Полученные результаты легко могут быть перенесены из рабочих листов Stamm в другие приложения, например, Excel.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Жук М. А. Моделирование системы поддержки оптимизации логистических цепочек поставок / М. А. Жук, И. А. Цыганова // Инновации и инвестиции. — 2016. — 12. — с. 104-108.
2. Мадера А. Г. Системно-иерархическое моделирование и оптимизация логистических систем / А. Г. Мадера // Интегрированная логистика. — 2009. — 3. — с. 7-9.
3. Порейкин А. В. Применение теоретико-игровых моделей для оптимизации системы логистики: обзор подходов и методов / А. В. Порейкин, С. Д. Сыротюк // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. — 2023. — т.2, №3(52). — с. 161-172. DOI: 10.51965/2076-7919_2023_2_3_161.
4. Shayakhmetova B. Modeling a transport logistics system based on combinatorial optimization / B. Shayakhmetova, Sh. Omarova, S. Ayazhanov // Forum. — 2023. — 2(28). — p. 227-236.
5. Бочкарев А. А. Задачи динамического и стохастического программирования в логистике и их решение в среде MATLAB / А. А. Бочкарев, Т. И. Савенкова // Логистика и управление цепями поставок. — 2021. — 1(102). — с. 47-56.
6. Моделирование цепей поставок // Платформа «Гуру Облако» и ПО «Гуру». — 2023 — URL: <https://lamazon.ru/modelirovanie-seri-postavok> (дата обращения: 16.03.2024)
7. Optimization with. — 2023 — URL: <https://www.gamsoptimization.com> (accessed: 16.03.2024)
8. Борщев А.В.. Применение имитационного моделирования в России – состояние на 2007 г. / А.В. Борщев // Материалы III Всероссийской научно-практической конференции ИММОД-2007; — Санкт-Петербург: Бизнес-информатика, 2008.
9. ЯЛогистика // ТОП - 10: программы для транспортной логистики. — 2023 — URL: <https://dzen.ru/a/Xx46MCQFgirVM14X> (дата обращения: 16.03.2024)
10. Маняшин А. В. Использование Stamm 3.0 при решении научных и инженерно-технических задач / А. В. Маняшин — Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2017. — 191 с.
11. Маняшин А. В. Статистический анализ данных и имитационное моделирование в системе Stamm 4.0 / А. В. Маняшин — Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020. — 220 с.
12. Manyashin A. V. About the problem of creating simulation models based on table processors / A. V. Manyashin // German International Journal of Modern Science. — 2020. — 2. — p. 29-34.
13. Manyashin A.V. User Guide / A.V. Manyashin. — 2023 — URL: <http://stamm.su/Stamm.html> (accessed: 16.03.2024)
14. Маняшин А.В. Stamm – программа предварительной обработки данных и имитационного моделирования / А.В. Маняшин // Stamm – программа предварительной обработки данных и имитационного моделирования. — 2023 — URL: <http://stamm.su> (дата обращения: 16.03.2024)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zhuk M. A. Modelirovanie sistemy podderzhki optimizatsii logisticheskikh tsepochek postavok [Modeling of the logistics supply chain optimization support system] / M. A. Zhuk, I. A. Tsyganova // Innovation and Investment. — 2016. — 12. — p. 104-108. [in Russian]
2. Madepa A. G. Sistemno-ierarhicheskoe modelirovanie i optimizatsija logisticheskikh sistem [System-hierarchical modeling and optimization of logistics systems] / A. G. Madepa // Integrated Logistics. — 2009. — 3. — p. 7-9. [in Russian]
3. Porejkin A. V. Primenenie teoretiko-igrovyyh modelej dlja optimizatsii sistemy logistiki: obzor podhodov i metodov [Application of game-theoretic models for optimization of the logistics system: an overview of approaches and methods] / A. V. Porejkin, S. D. Syrotjuk // Bulletin of the V.N. Tatishchev Volga State University. — 2023. — V.2, №3(52). — p. 161-172. DOI: 10.51965/2076-7919_2023_2_3_161. [in Russian]
4. Shayakhmetova B. Modeling a transport logistics system based on combinatorial optimization / B. Shayakhmetova, Sh. Omarova, S. Ayazhanov // Forum. — 2023. — 2(28). — p. 227-236.
5. Bochkarev A. A. Zadachi dinamicheskogo i stohasticheskogo programmirovaniya v logistike i ih reshenie v srede MATLAB [Problems of dynamic and stochastic programming in logistics and their solution in the MATLAB environment] / A. A. Bochkarev, T. I. Savenkova // Logistics and Supply Chain Management. — 2021. — 1(102). — p. 47-56. [in Russian]
6. Modelirovanie tsepej postavok [Supply chain modeling] // Guru Cloud Platform and Guru Software. — 2023 — URL: <https://lamacon.ru/modelirovanie-cepi-postavok> (accessed: 16.03.2024) [in Russian]
7. Optimization with. — 2023 — URL: <https://www.gamsoptimization.com> (accessed: 16.03.2024)
8. Borschev A.V. Primenenie imitatsionnogo modelirovaniya v Rossii – sostojanie na 2007 g. [The application of simulation modeling in Russia – the state of 2007] / A.V. Borschev // Materials of the III All-Russian Scientific and Practical Conference IMMOD-2007; — Sankt-Peterburg: Biznes-informatika, 2008. [in Russian]
9. JaLogistika [Logistics] // TOP 10: programs for transport logistics. — 2023 — URL: <https://dzen.ru/a/Xx46MCQFgirVM14X> (accessed: 16.03.2024) [in Russian]
10. Manjashin A. V. Ispol'zovanie Stamm 3.0 pri reshenii nauchnyh i inzhenerno-tehnicheskikh zadach [The use of Stamm 3.0 in solving scientific and engineering problems] / A. V. Manjashin — Tjumen': Tjumenskij industrial'nyj universitet, 2017. — 191 p. [in Russian]
11. Manjashin A. V. Statisticheskij analiz dannyh i imitatsionnoe modelirovanie v sisteme Stamm 4.0 [Statistical data analysis and simulation in the Stamm 4.0 system] / A. V. Manjashin — Tjumen': Tjumenskij industrial'nyj universitet, 2020. — 220 p. [in Russian]
12. Manyashin A. V. About the problem of creating simulation models based on table processors / A. V. Manyashin // German International Journal of Modern Science. — 2020. — 2. — p. 29-34.
13. Manyashin A.V. User Guide / A.V. Manyashin. — 2023 — URL: <http://stamm.su/Stamm.html> (accessed: 16.03.2024)
14. Manjashin A.V. Stamm – programma predvaritel'noj obrabotki dannyh i imitatsionnogo modelirovaniya [Stamm is a data preprocessing and simulation program] / A.V. Manjashin // Stamm is a data preprocessing and simulation program. — 2023 — URL: <http://stamm.su> (accessed: 16.03.2024) [in Russian]