

УДК 378.017

Ю.П.Преображенский
**РАЗРАБОТКА ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ИМИТАЦИОННОЙ
МОДЕЛИ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ
ТУРИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Воронежский институт высоких технологий

Развитие современных туристических систем определяет необходимость разработки соответствующих методов их моделирования. В данной статье рассматривается задача, связанная с имитационным моделированием современных туристических систем. Описаны компоненты оптимизационной имитационной модели. В оптимизационную модель включаются три базовых компонента: целевая функция, ограничения, относящиеся к модели и её переменные. Указаны особенности дискретно-событийного моделирования, непрерывного моделирования и агентного. Отмечается, что для оптимизации сложных систем эффективным является использование генетических алгоритмов, эволюционных алгоритмов, поиск при запрещении, имитация отжига и комбинированные алгоритмы. Дано описание модели, на основе которой оптимизируется работа туристической системы. Приведена структура процедуры, позволяющей проводить формирование интегральной оценки.

Ключевые слова: имитационное моделирование, оптимизация, туристическая организация.

Введение. В современных условиях в ряде российских регионов можно рассматривать туристическую сферу бюджетообразующей. Поэтому представляет интерес проведение моделирования процессов, которые происходят в туристическом бизнесе, так как на них оказывает влияние большое число случайных параметров, которые обусловлены разными аспектами. Перспективным является использование имитационного моделирования. Основная идея имитационного моделирования состоит в том, что разрабатывается компьютерная программа, и проводятся серии вычислительных экспериментов для того, чтобы определить оптимальные сценарии работы моделируемых систем.

Можно отметить такие базовые сферы, в которых применяется концепция оптимизации имитационного моделирования организации туристических систем [1-3]:

- проведение поиска оптимальных решений, когда определяется топология проектируемых или изменяемых систем;
- проведение оптимизации времени исполнения операций, графиков работы персонала;
- проведение оптимизации того, как используются помещения и площади;
- проведение оптимизации того, как планируются перевозки и маршруты движения техники.

Необходимо отметить, что границы применения оптимизации в имитационных моделях организации туристических систем на настоящий момент пока ещё окончательно не сформированы, сейчас идет развитие этого метода, поэтому возникают всё новые сферы его использования.

На настоящий момент в литературных источниках достаточно хорошо дано освещение методических вопросов использования имитационного моделирования при решении задач организации туристических систем [4, 5]. Но есть относительно небольшое число работ, которые посвящены рассмотрению вопросов использования имитационного моделирования в увязке с методами оптимизации [6, 7]. Проведению исследований механизмов их взаимодействия и посвящена эта работа.

Особенности имитационного моделирования и проведения оптимизации туристических систем. В оптимизационную имитационную модель входят две модели: имитационная и оптимизационная (см. рис. 1). Имитационная модель — представляет собой программу, которая дает возможности для исследования процесса работы системы на основе того, что проводятся эксперименты на компьютере и, поэтому, может рассматриваться в виде виртуальной версии такой системы. Особенности структуры имитационной модели в большой степени определяются выбором парадигмы моделирования, которая соответствует избранному уровню абстракции для этапа постановки задач моделирования. В существующих условиях есть три весьма распространенных парадигмы по видам имитационного моделирования [8]: проведение дискретно-событийного моделирования, непрерывного моделирования и агентного. Для каждой из парадигм проведена разработка своих пакетов имитационного моделирования [8].

Оптимизационная модель является моделью, в ней характерная черта состоит в том, что есть одна (однокритериальная модель) или несколько (многокритериальная модель) целевые функции, они дают возможности для определения наилучшего решения из множества анализируемых альтернатив. Можно увидеть, что оптимизация состоит в том, что последовательно выполняются несколько прогонов модели при различных значениях параметров и определении оптимальных для такой задачи значений этих параметров, для которых идет достижение целевой функцией своего экстремума. Проведение детального рассмотрения структуры оптимизационной модели, подходов и пакетов оптимизации дается далее.

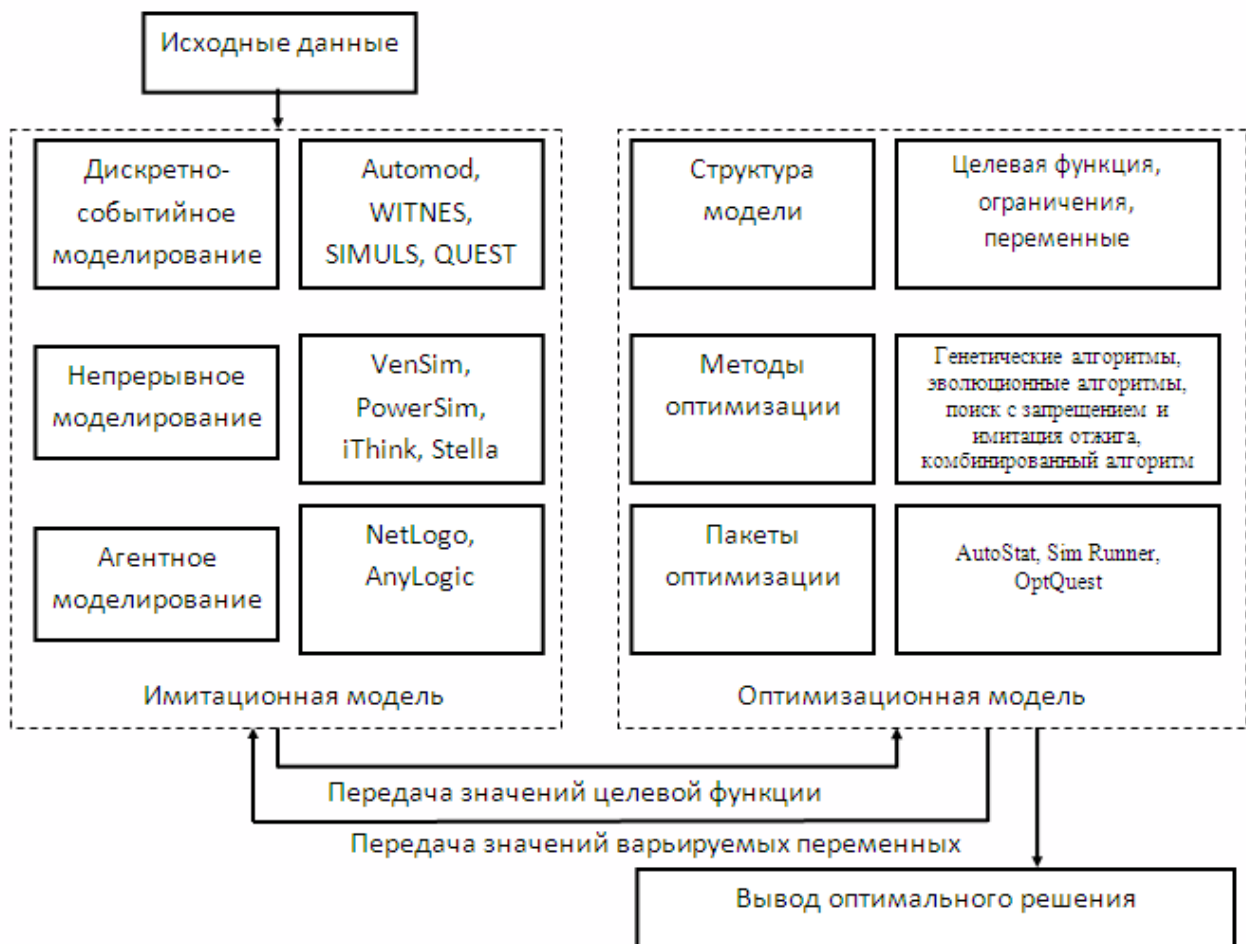


Рисунок 1 – Связь имитационной и оптимизационной модели

Математическая форма записи оптимизационной модели. В оптимизационную модель включаются три базовых компонента: целевая функция, ограничения, относящиеся к модели и её переменные.

Целевую функцию строят в виде математического выражения, в состав него входят выходные показатели и (в ряде случаев) параметры модели, которые задают. В рамках ограничений модели происходит сужение области допустимых решений модели, идет задание диапазона допустимых значений по переменным, которые удовлетворяют всем поставленным ограничениям, и в результате можно определять приемлемые решения задач моделирования.

Для ограничений можно выделить два типа: которые накладываются на одну переменную (в ряде случаев в литературных источниках их называют границами) и которые накладываются на связи среди переменных в модели (во многих случаях их называют требованиями). На основе границ модели задаются верхний или нижний диапазон значений переменных.

Переменными модели являются величины, по которым надо провести оптимизацию значений.

Примером оптимизационной модели можно считать задачу распределения ресурсов. Целевую функцию ориентируют на то, чтобы максимальным образом использовать персонал и оборудование. В качестве ограничения рассматривается бюджет, который определяет значение предельно допустимого уровня расходов операций. В качестве переменных в модели рассматривается число сотрудников и характеристики оборудования.

Методы оптимизации. К настоящему времени разработано множество оптимизационных подходов и их разных модификаций. Кратко рассмотрим лишь такие подходы, которые применяют сейчас в пакетах оптимизации, которые используются для того, чтобы решать практические задачи для логистических систем. Среди них можно отметить: генетические алгоритмы, эволюционные алгоритмы, поиск с запрещением и имитацию отжига [10-12], также можно использовать комбинированные алгоритмы.

Генетический алгоритм основывается на эвристическом алгоритме поиска, который используется для того, чтобы решать задачи оптимизации и моделирования на базе того, что идет случайный подбор, комбинирование и вариация искомых параметров.

Методика поиска на основе метода эволюционного алгоритма является схожей с предыдущим подходом, за исключением того, что на следующих шагах идет передача лишь положительных изменений.

При поиске с запрещением идет сохранение информации по недавно сгенерированным потенциальным решениям, которые называются список запретов, возврат к ним на дальнейших этапах невозможен, пока не будет закончено временное ограничение.

При использовании метода имитации отжига рассматривается решение задач оптимизации исходя из алгоритма, на основании которого ищется глобальный минимум целевой функции, которая задается на многомерном пространстве, при этом избегают локальных минимумов.

Оптимизационная имитационная модель. Далее дадим описание модели, на основе которой оптимизируется работа туристической системы.

Был проведен выбор двух подходов для построения моделей интегральной оценки на основе использования первичных данных в виде статистических выборок Y_{tsi} :

на базе того, что строятся и аппроксимируются ранговые последовательности туристических организаций [13-17] по показателям эффективности;

на базе того, что строится аддитивная свертка показателей эффективности.

Нами была предложена процедура формирования модели интегральной оценки Y_i для всех S направлений, исходя из того, что трансформируются значения $y_{tsi}, i = \overline{1, I}, s = \overline{1, S}, t_s = \overline{1, T_s}$ в ранговые последовательности. Для этого следует ввести в каждой выборке y_{tsi} новую нумерацию $i'_{ts} = \overline{1, I'_{ts}}$, в ней для номера $i'_{ts} = 1$ есть соответствие объекта выборки с максимальным, а для номера $i'_{ts} = I'_{ts}$ – минимального значения y_{tsi} . Для того, чтобы получить нормированные показатели $\hat{y}_{tsi}, i = \overline{1, I}, s = \overline{1, S}, t_s = \overline{1, T_s}$ сделан перевод ранговых последовательностей i'_{ts} на единую непрерывную шкалу a при значениях на интервале $[A, 0]$, где для номера $i'_{ts} = 1$ есть соответствие $a_{is} = A$, а для номера $i'_{ts} = I'_{ts} - a_{ts} = 0$.

Проведено исследование способов аппроксимации дискретной шкалы ранговых последовательностей для того, чтобы сделать перевод на непрерывную шкалу a при использовании одной из таких функций: линейная, кусочно-линейная, нелинейная, кусочно-нелинейная при заданных начальных и конечных значениях. Линейную функцию применяют в тех случаях, когда принимается пропорциональный принцип в оценивании, нелинейную – принцип усиления значимости лидеров, кусочно-линейную и кусочно-нелинейную – принцип кластеризации в объектах мониторинга.

Как результат аппроксимации по каждому объекту мониторинга получается набор нормированных значений показателей эффективности работы

$$\hat{y}_{tsi} = a(i'_{ts}), i = \overline{1, I}.$$

Для того, чтобы вычислить интегральную оценку эффективности применяется такая модель:

$$Y_i = \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S \sum_{t_s=1}^{T_s} \frac{\hat{y}_{tsi}}{T_s}, i = \overline{1, I}. \quad (1)$$

В некоторых случаях для того, чтобы упростить расчет по модели (1) для каждого из направлений, делается выбор ключевого показателя y_s . Как результат получается упрощенная модель

$$Y_i = \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S \hat{y}_{si}, i = \overline{1, I}. \quad (2)$$

Было установлено, что применение модели интегральной оценки эффективности (1) в определенных случаях ведет к тому, что есть несоответствие между полученной на основе выражения (1) величины и реального положения образовательной системы по рейтинговому списку или для системы приоритетов, когда распределяются ресурсы. Это обусловлено тем, что для дискретной ранговой нумерации на основе целых чисел i'_{ts} есть равномерная зависимость по шкале $\overline{1, I'_{ts}}$, а распределение

соответствующих для каждого числа i/t_s значений показателей на шкале Y_{ts1}, Y_{tsl} , является неравномерным (говорят о больших промежутках, которые есть между значениями показателей для группы лидеров).

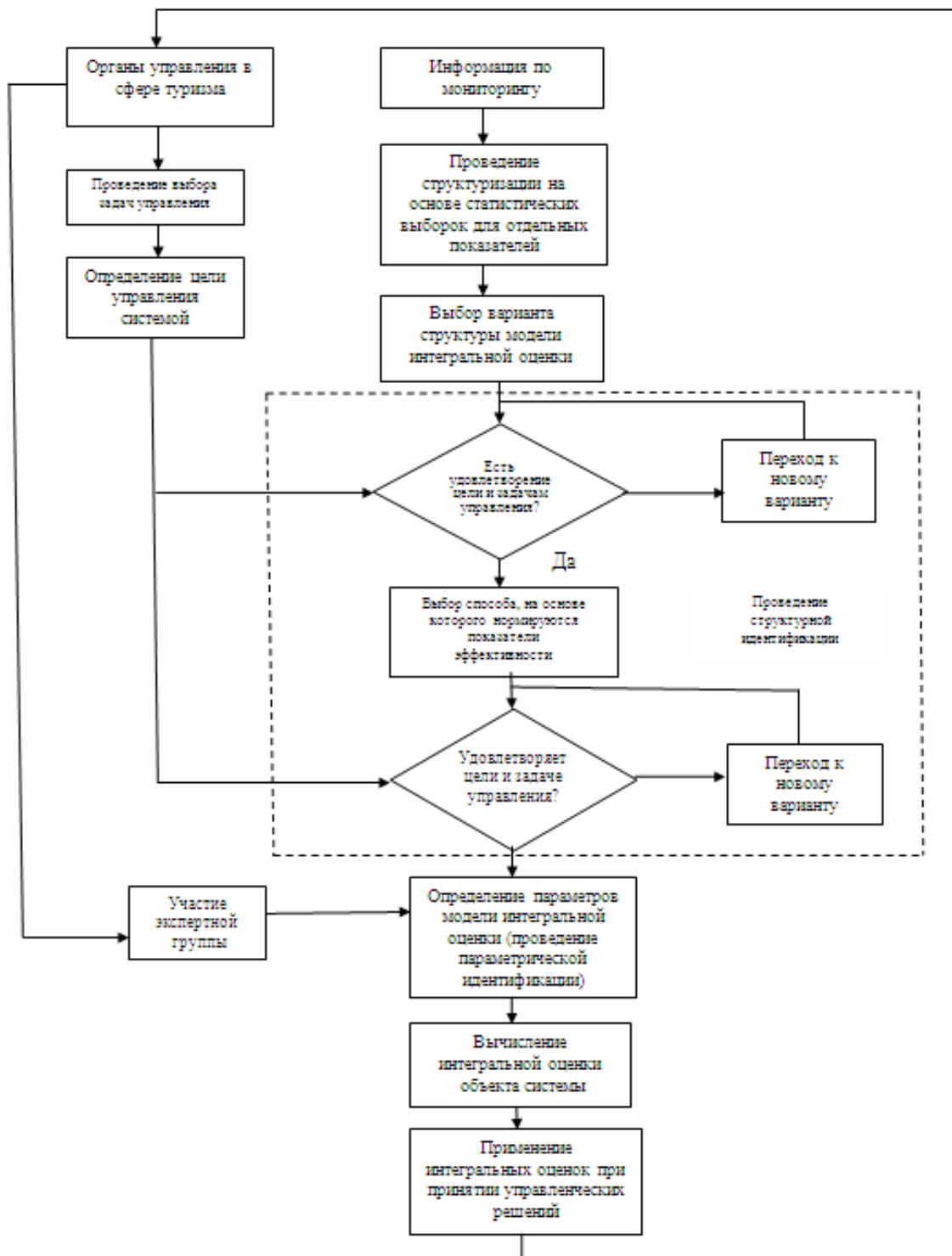


Рис.2 Структура процедуры, позволяющей проводить формирование интегральной оценки

Проведение аппроксимации дискретной шкалы при использовании непрерывных или кусочно-непрерывных функций дает искажение положения объектов по исходной непрерывной шкале $\overline{y_{ts1}, y_{tsl}}$.

Помимо этого, для модели (1) не предусмотрен учет относительной важности направлений туристических компаний и показателей, которые есть внутри направлений для того, чтобы достичь наивысший уровень эффективности.

Для того, чтобы преодолеть такие недостатки предлагается провести анализ возможность формирования модели интегральной оценки эффективности на основе применения аддитивной свертки показателей $y_{tsi}, i = \overline{1, I}, s = \overline{1, S}, t_s = \overline{1, T}$.

Для этого, в первую очередь, определяется система нормирования значений показателей, в рамках которой можно адекватным образом сделать отражение непрерывной шкалы $\overline{y_{ts1}, y_{tsl}}$ на единую непрерывную шкалу $[A, 0]$

$$\hat{y}_{tsi} = \frac{y_{tsi} - y_{ts}^{\min}}{y_{ts}^{\max} - y_{ts}^{\min}} A,$$

где $y_{ts}^{\min}, y_{ts}^{\max}$ – является соответственно минимальным и максимальным значением в статистической выборке первичных данных мониторинга для показателя y_{ts} .

Затем, делается введение двухэтапной процедуры по определению весовых коэффициентов λ_{ts} значимости показателей y_{ts} ($0 \leq \lambda_{ts} \leq 1, \sum_{s=1}^S \sum_{t_s}^{T_s} \lambda_{ts} = 1$) с применением экспертного оценивания и соотношения оценок дисперсий статистических выборок $D(y_{ts})$ и $D(y_s)$.

Как результат получается следующая модель интегральной оценки эффективности, которая построена в виде аддитивной свертки

$$Y_i = \sum_{s=1}^S \sum_{t_s}^{T_s} \lambda_{ts} \hat{y}_{tsi} \quad (3)$$

Модели (1) – (3), которые были предложены, являются базой для того, чтобы получить оценки потенциала туристической компании π_i . Проведено исследование многометодного подхода подобного оценивания: без того, чтобы учитывать последствия; при ограниченном последствии; при прогнозировании.

В случае, когда определяется потенциала туристической компании π_i в виде без последствие применяют статистические выборки y_{tsi} по текущему временному периоду τ_1 . Величину π_i вычисляют для заданного интервала значений $(0, P)$ с применением интегральной оценки. Помимо моделей ранговых последовательностей и аддитивной свертки показателей $y_{tsi}, i = \overline{1, I}, s = \overline{1, S}, t_s = \overline{1, T_s}$ используется комбинированный случай. Тогда для каждого направления делается выбор наиболее

значимого показателя $y_s, s = \overline{1, S}$ и осуществляется вычисление нормированных показателей \hat{y}_{tsi} .

Вычисление π_i происходит на базе аддитивной свертки

$$\pi_i = \sum_{s=1}^S \lambda_s \hat{y}_{tsi}, \quad (4)$$

где λ_s — являются весовыми коэффициентами.

Случай с ограниченным последствием является ориентированным на обобщение мониторинговой информации, которая относится или к предыдущему временному интервалу τ_2 , или к текущему τ_1 и предыдущему τ_2 временным интервалам. Отметим, что по каждому временному периоду возможен набор показателей по $s = \overline{1, S}$ направлениям:

$$\tau_1 - s^{\tau_1} = \overline{1, S^{\tau_1}}, \tau_2 - s^{\tau_2} = \overline{1, S^{\tau_2}}.$$

Для каждого набора на базе (4) вычисляется или $\pi_i^{\tau_2}$, или

$$\pi_i^{\tau_1 \tau_2} = \lambda^{\tau_1} \pi_i^{\tau_1} + \lambda^{\tau_2} \pi_i^{\tau_2},$$

где на основе весовых коэффициентов λ^{τ_1} , λ^{τ_2} идет характеристика приоритетов временных интервалов для оценки потенциала туристической компании.

Способ получения оценки потенциала туристической компании при прогнозировании базируется на том, что обрабатываются или статистические выборки y_{si} , или временные ряды $y_{si}(\tau)$.

Для первого случая прогнозирование происходит с применением числовых характеристик i — й выборки (математическое ожидание $m(y_{si})$, среднеквадратичное отклонение $\sigma(y_{si})$), и еще среднеквадратичного отклонения по выборке значений показателя y_s на множестве $i = \overline{1, I} - \sigma(y_s)$:

$$\pi_i = (y_{si} - m(y_{si})) \frac{\sigma(y_{si})}{\sigma(y_s)}.$$

(5)

Когда накапливается мониторинговая информация в течение нескольких временных периодов $k = \overline{1, K}$, то есть формируются статистические временные ряды $y_{si}(\tau_k), s = \overline{1, S}$, продемонстрировано, что можно определять прогностическую оценку величины потенциала $y_{si}(\tau_{k+k_1})$ на основе значений $y_{si}(\tau_k)$.

Заключение. Таким образом, приведенная в статье оптимизационная имитационная модель дает возможности для управления различными туристическими системами. Есть возможности для получения оценок потенциала туристической компании

ЛИТЕРАТУРА

1. Nyman J. Practical mathematical optimization: an introduction to basic optimization theory and classical and new gradient-based algorithms. / J. Snyman // Vol. 97. Springer Science and Business Media, 2005. P.12
2. April J. Optfolio - A simulation optimization system for project portfolio planning / J. April, F. Glover, J. P. Kelly // Proc. 2003 Winter Simulation Conference, eds. S. Chick, T. Sanchez, D. Ferrin and D. Morrice (2003), pp. 301-309.
3. Hong J. L., Nelson B. J. A brief instruction to optimization via simulation / J. L.Hong, B. J.Nelson // Proceedings of the 2009. Winter Simulation Conference. - 2005. - P. 75-85.
4. Ekren B. Y. Simulation-based performance improvement of a defense logistics warehouse / B. Y.Ekren, G. W.Evans, S. S.Heragu, J. S.Usher // International Material Handling Research Colloquium (IMHRC). - 2012. - P. 1-10.
5. Queirolo F. Warehouse layout design: minimizing travel time with a genetic and simulative approach - methodology and case study / F.Queirolo, F.Tonelli, M.Schenone, P.Nan, I.Zunino // Proceedings 14th European Simulation Symposium. - 2002. - P. 1-5.
6. Biethahn J. Optimierung und Simulation. / J.Biethahn, A.Lackner, M.Range, O.Brodersen // Oldenburg Wissenschaftsverlag GmbH, 2004. 315 p.
7. 7.Львович Я.Е. Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения / Я.Е. Львович. Воронеж, Издательство "Кварт", 2006, 415 с.
8. Карпов Ю. Г. Изучение современных парадигм имитационного моделирования в среде Anylogic / Ю. Г.Карпов // Компьютерные инструменты в образовании. - № 4. - 2005. - С. 3-14.
9. Сидоренко В. Н. Имитационное моделирование в науке и бизнесе: подходы, инструменты, применение / В. Н.Сидоренко, А. В.Красносельский // Бизнес-информатика. - № 2. - 2008. - С. 52-57.
10. Hachicha W. A comprehensive literature classification of simulation optimisation methods / W.Hachicha, A.Ammeri, F.Masmoudi, H.Chachoub // MPRA Paper. - No. 27652. - 2010. - P. 1-13.
11. Law A. M. Simulation-based optimization / A. M.Law, M. G.McComas // Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference. - 2000. - P. 46-49.
12. Seijo-Vidal L. R. Testing line optimization based on mathematical modeling from the metamodels obtained from a simulation / L. R.Seijo-Vidal, M. S.Bartolomei-Suarez // Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference. - 2010. - P. 1739-1749.
13. Филипова В.Н. Моделирование процессов планирования продвижения туризма / В.Н.Филипова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2013. № 3. С. 16.

14. Филипова В.Н. Использование процессов моделирования и управления в туризме / В.Н.Филипова, Ю.А.Пивоварова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2014. № 2 (5). С. 19.
15. Филипова В.Н. Особенности промышленного туризма / В.Н.Филипова // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2011. № 8. С. 138-139.
16. Филипова В.Н. Управление инновациями в туристической организации / В.Н.Филипова, К.В.Кайдакова // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2015. № 14. С. 186-189.
17. Филипова В.Н. Применение информационных технологий в туризме / В.Н.Филипова, К.В.Кайдакова // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2015. № 14. С. 190-193.

Y.P. Preobrazhensky

**THE DEVELOPMENT OF OPTIMIZATION SIMULATION
MODEL TO SUPPORT THE PROCESSES OF ORGANIZATION OF
TRAVEL SYSTEMS**

Voronezh Institute of High Technologies

The development of modern tourism systems determines the need to develop appropriate methods of simulation. This paper examines the task associated with simulation of modern tourism systems. The components of simulation optimization model are described. The peculiarities of discrete-event simulation, continuous simulation, and agent-based are described. In the optimization model includes three basic components: objective function, constraints relating to the model and its variables. It is noted that for the optimization of complex systems effective is the use of genetic algorithms, evolutionary algorithms, search for the prohibition, simulated annealing and hybrid algorithms. The description of the model, which optimizes the work of travel system. The structure of the procedure, allowing the formation of integral evaluation is given.

Keywords: simulation, optimization, tourist organization.

REFERENCES

1. Nyman J. Practical mathematical optimization: an introduction to basic optimization theory and classical and new gradient-based algorithms. / J. Snyman // Vol. 97. Springer Science and Business Media, 2005. P.12
2. April J. Optfolio - A simulation optimization system for project portfolio planning / J. April, F. Glover, J. P. Kelly //Proc. 2003 Winter Simulation Conference, eds. S. Chick, T. Sanchez, D. Ferrin and D. Morrice (2003), pp. 301-309.
3. Hong J. L., Nelson B. J. A brief instruction to optimization via simulation / J. L.Hong, B. J.Nelson // Proceedings of the 2009. Winter Simulation Conference. - 2005. - P. 75-85.

4. Ekren B. Y. Simulation-based performance improvement of a defense logistics warehouse / B. Y.Ekren, G. W.Evans, S. S.Heragu, J. S.Usher // International Material Handling Research Colloquium (IMHRC). - 2012. - P. 1-10.
5. Queirolo F. Warehouse layout design: minimizing travel time with a genetic and simulative approach - methodology and case study / F.Queirolo, F.Tonelli, M.Schenone, P.Nan, I.Zunino // Proceedings 14th European Simulation Symposium. - 2002. - pp. 1-5.
6. Biethahn J. Optimierung und Simulation. / J.Biethahn, A.Lackner, M.Range, O.Brodersen // Oldenburg Wissenschaftsverlag GmbH, 2004. 315 p.
7. L'vovich Ya.E. Mnogoal'ternativnaya optimizatsiya: teoriya i prilozheniya / Ya.E. L'vovich. Voronezh, Izdatel'stvo "Kvarta", 2006, 415 p.
8. Karpov Yu. G. Izuchenie sovremennykh paradigm imitatsionnogo modelirovaniya v srede Anylogic / Yu. G.Karpov // Komp'yuternye instrumentyv obrazovanii. – No. 4. - 2005. - pp. 3-14.
9. Sidorenko V. N. Imitatsionnoe modelirovanie v nauke i biznese: podkhody, instrumenty, primeneniye / V. N.Sidorenko, A. V.Krasnosel'skiy // Biznes-informatika. - No. 2. - 2008. - pp. 52-57.
10. Hachicha W. A comprehensive literature classification of simulation optimisation methods / W.Hachicha, A.Ammeri, F.Masmoudi, H.Chachoub // MPRA Paper. - No. 27652. - 2010. - pp. 1-13.
11. Law A. M. Simulation-based optimization / A. M.Law, M. G.McComas // Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference. - 2000. - pp. 46-49.
12. Seijo-Vidal L. R. Testing line optimization based on mathematical modeling from the metamodels obtained from a simulation / L. R.Seijo-Vidal, M. S.Bartolomei-Suarez // Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference. - 2010. - pp. 1739-1749.
13. Filipova V.N. Modelirovanie protsessov planirovaniya prodvizheniya turizma / V.N.Filipova // Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii. 2013. № 3. p. 16.
14. Filipova V.N. Ispol'zovanie protsessov modelirovaniya i upravleniya v turizme / V.N.Filipova, Yu.A.Pivovarova // Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii. 2014. No. 2 (5). p. 19.
15. Filipova V.N. Osobennosti promyshlennogo turizma / V.N.Filipova // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2011. No.8. pp. 138-139.
16. Filipova V.N. Upravlenie innovatsiyami v turisticheskoy organizatsii / V.N.Filipova, K.V.Kaydakova // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2015. No.14. pp. 186-189.
17. Filipova V.N. Primeniye informatsionnykh tekhnologiy v turizme / V.N.Filipova, K.V.Kaydakova // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2015. No.14. pp. 190-193.