

УДК 005.8: 519.876.5

Н.Р. Кнырик

**МОНИТОРИНГ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ
ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ
НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Постановка проблемы в общем виде. Под организационной системой понимают объединение людей, совместно реализующих некоторую программу или цель и действующих на основе определенных процедур и правил [6]. Наличие процедур и правил, регламентирующих совместную деятельность членов организации, является определяющим свойством и отличает организацию от группы и коллектива.

Эффективное функционирование и развитие организационных систем требует проведение постоянного мониторинга и прогнозирования на его основе возможных сценариев развития событий в зависимости от изменяющихся факторов. Наибольшей сложностью при этом является определение конфигурации системы для достижения необходимых целевых состояний. Данная проблема вызвана особенностью организационных систем – активностью поведения их элементов (людей). Это обуславливает низкую эффективность применения аналитических моделей для прогнозирования будущих состояний.

Проведенные исследования показали, что данная проблема может эффективно решаться методами имитационного моделирования.

Анализ исследований и публикаций. Исследования социально-экономических систем с применением метода имитационного моделирования проводились в различных сферах человеческой деятельности. Серия интересных имитационных моделей была предложена создателем системной динамики Дж. Форрестером – модель социально-экономического развития города, первый вариант модели системной динамики мировой социально-экономической системы [1]. Целью его исследований было изучение типов поведения систем и разработка мер, способных улучшить результаты их функционирования.

Ким Уоррен, профессор Лондонской школы бизнеса, рассматривает организацию как открытую систему, активно взаимодействующую с окружающей средой. Формирование и анализ стратегически важных ресурсов позволяет проследить влияние управленческих решений на развитие организации, найти точки приложения управленческого решения, которые позволяют влиять на эффективное функционирование организации. [4, 5].

Одну из первых агентных моделей по социально-экономической тематике разработал Томас Шеллинг еще в 1970-х гг. Он исследовал расовую сегрегацию в американских городах [3]. Множество агентных

моделей посвящено проблемам пешеходного и автомобильного трафика, вопросам эвакуации и поведения людей в чрезвычайных ситуациях. Например, уже ставшее классическим исследование Д. Хелбинга, Т. Вичека и И. Фаркаша по поведению толпы в экстремальной ситуации [2].

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Для решения проблем управления социальными и экономическими системами в середине прошлого столетия сформировались и развивались теория активных систем, теория иерархических игр и дизайн механизмов (mechanism design). На сегодняшний день можно говорить о полном слиянии этих научных направлений и появлении нового синтетического направления – теории управления организационными системами [8].

Однако в этой теории детально проработанными являются только отдельные механизмы (планирования, мотивации, контроля и т.п.) и недостаточно внимания уделяется их системной интеграции. Как уже отмечалось выше, в силу низкой эффективности применения аналитических моделей, обусловленной активностью поведения участников, такую интеграцию целесообразно производить на базе имитационного моделирования.

Целью работы является разработка подходов к имитационному моделированию организационных систем для осуществления эффективного мониторинга их функционирования и развития.

Изложение основного материала исследования. Особенностью организационных систем является то, что в них субъект и объект управления совпадают. Более того, организационные проекты являются подсистемами организационной системы, которую они трансформируют. Другими словами, изменяя организационную систему, проекты сами испытывают воздействие результатов такого изменения. Сложность управления организационными проектами многократно увеличивается при одновременном протекании нескольких трансформационных процессов.

Для согласования действий участников и уменьшения неопределенности при управлении портфелем проектов трансформации организационных систем необходима модель, отражающая влияние входных и выходных параметров проектов друг на друга и на организационную систему в целом [7]. Предлагается для этой цели использовать модель, в которой установлены зависимости между входными и выходными параметрами, определенными особенностями организационной системы и спецификой трансформационных процессов. Здесь возможно использование, как моделей системной динамики, так и агентных моделей, а также их комбинации.

Для иллюстрации взаимного влияния параметров организационной системы и параметров проектов с помощью инструментальной системы AnyLogic создана модель производственного предприятия.

Идея моделирования заключается в создании достоверного, наглядного и простого для понимания описания деятельности предприятия. Описание модели позволяет охватить предприятие в целом, сконцентрироваться на ключевых процессах, обнаружить взаимозависимости, которые являются наиболее существенными.

Правильно построенный алгоритм взаимосвязей позволяет просчитать различные сценарии развития предприятия и оценить последствия тех или иных управленческих решений.

Для понимания поведения системы в целом и динамики происходящих в ней процессов выбран промежуток модельного времени – 50 дней.

Ядром модели являются выстроенные определенным образом динамические связи между изменяемыми (моделируемыми) параметрами, на которые может повлиять предприятие вследствие реализации одного или нескольких проектов и результирующими показателями (прибыль, рентабельность и т. д.).

Параметры созданной модели можно условно разделить на три категории:

- показатели, которые описывают рыночное окружение предприятия;
- показатели операционной деятельности;
- показатели, которые описывают финансовые результаты деятельности предприятия.

Рыночное окружение производственного предприятия характеризуется общим спросом (емкостью рынка) в трудовом измерении, долей рынка (%) и спросом на продукцию предприятия в трудовом измерении.

Ключевые показатели процесса производства – производственная мощность в трудовом измерении и объем производства. Объем производства равен величине производственной мощности в том случае, если спрос на продукцию предприятия превышает мощность, и принимает значение спроса, если производственная мощность больше, чем спрос на продукцию предприятия.

В качестве основных параметров, отражающих финансовую сторону производства, рассматриваются цена, выручка, удельные затраты, прямые затраты, постоянные затраты, прибыль, нераспределенная прибыль. «Выручка» – это стоимость всей произведенной продукции, она изменяется прямо пропорционально цене и объему производства. Прямые затраты зависят от удельных затрат и объема производства в отличие от постоянных затрат. Прибыль предприятия вычисляется как разность выручки и суммы всех затрат (прямых затрат, постоянных затрат и налогов).

В созданной модели предприятия определены факторы, на которые можно оказывать влияние. Переменные состояния, значения которых может меняться под воздействием окружающей среды – доля рынка, общий спрос, производственная мощность, удельные затраты, постоянные затраты, цена, нераспределенная прибыль.

На моделируемом производственном предприятии реализуется портфель проектов (рис. 1). Каждый проект, являясь частью организационной системы, оказывает влияние на один или несколько факторов модели.

- доля предприятия в общем объеме продаж на момент времени t , %;
- производственная мощность предприятия в трудовом выражении на момент времени t , нормо-часы;
- суммарные постоянные затраты предприятия на момент времени t , грн.;
- накопленная к текущему моменту времени t сумма прибыли, грн.

Динамику использования ресурсов, формирования бюджета, изменения целевого параметра организационной системы вследствие реализации проекта отображают таблично заданные функции. Профиль использования ресурсов – производная функции потребности проекта в трудовых ресурсах. Профиль бюджета – производная функции потребности проекта в финансовых ресурсах. Профиль результата – производная функции изменения параметра моделируемой системы, на который оказывает влияние организационный проект. Все перечисленные функции фактически представляют собой таблицы приращений соответствующих параметров в каждый момент времени реализации проекта. Для нахождения промежуточных значений функций используется механизм линейной интерполяции.

Старт любого проекта может осуществляться в произвольный момент времени прогона имитационной модели. Кроме того, допускается прерывание выполнения проекта либо при принятии соответствующего управленческого решения, либо по причине нехватки ресурсов и/или денежных средств. При остановке проекта ресурсы возвращаются в организационную систему, а бюджет проекта замораживается. Состояние всех параметров остановленного проекта остается неизменным до момента его возобновления.

В случае остановки проекта по решению менеджера, его выполнение может быть возобновлено в любой момент времени. Так как на моделируемом предприятии реализуется портфель проектов, то остановленный проект может быть продолжен и в том случае, если его выполнение было прервано по причине отсутствия свободных ресурсов или средств. Проект возобновится в тот момент времени, когда за счет операционной деятельности и реализации других проектов накоплено достаточное количество ресурсов и денежных средств. Текущее состояние проекта определяется признаком активности и значением проектного времени.

Проект реализуется за определенный интервал модельного времени, поэтому независимо от того, прерывалась или нет работа проекта, суммарное время его реализации не может превысить заданное в модели.

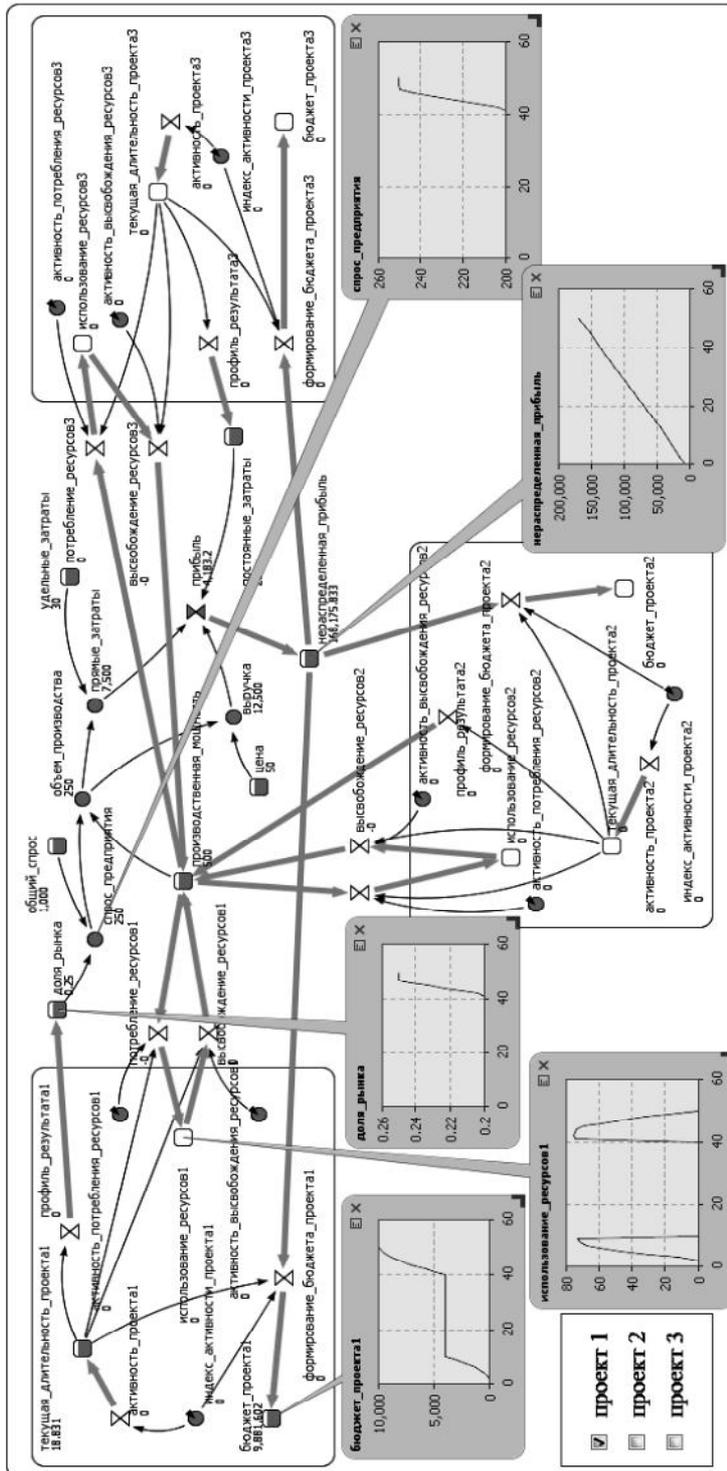


Рис. 1. Имитационная модель реализации портфеля проектов на производственном предприятии

С моделью підприємства с тремя організаційними проектами, для того, чтобы определить лучшее время начала каждого из проектов, был проведен оптимізаційний експеримент (рис. 2).

Результаты показали, что при заданных в модели значениях входных параметров максимальную прибыль можно получить в случае, если проект 1 начать в первый день модельного времени, а второй и третий проекты в 50-й день. Так как работа предприятия моделируется на временном интервале 50 дней, очевидно, что проект 2 и проект 3 при заданных в модели исходных данных реализовывать не выгодно, затраты на относительно небольшом интервале времени не окупаются.

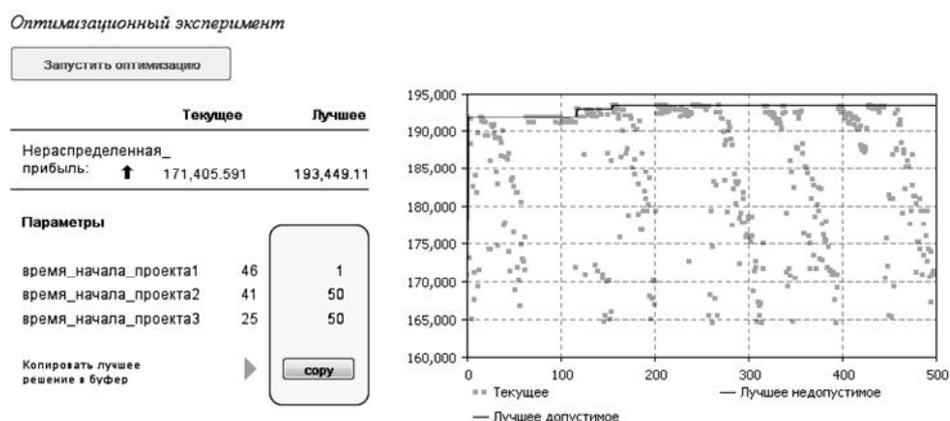


Рис. 2. Оптимізаційний експеримент

Степень взаимного влияния параметров организационной системы можно определить, проведя анализ результатов эксперимента по методу Монте-Карло. Эксперимент Монте-Карло реализует метод статистических испытаний. Теоретической основой метода являются предельные теоремы теории вероятностей (теорема Чебышева, теорема Бернулли, теорема Пуассона). Принципиальное значение предельных теорем состоит в том, что они гарантируют высокое качество статистических оценок при большом числе испытаний.

Эксперимент Монте-Карло позволяет выполнить несколько повторных запусков модели со стохастически меняющимися параметрами и отобразить полученный набор результатов моделирования с помощью гистограмм.

Гистограмма (рис. 3) показывает % случайных выборок времени начала проектов, при котором прибыль предприятия будет иметь то или иное значение. Количество испытаний – 500. Диапазон, из которого случайным образом выбираются значения параметров [1-50].

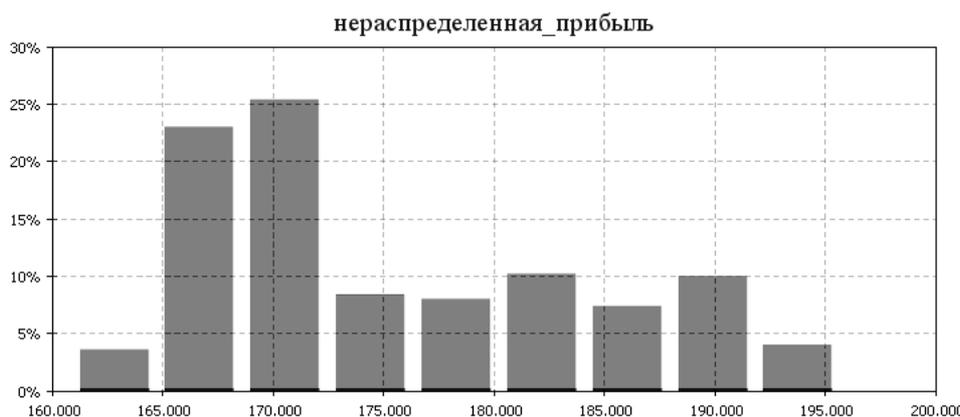


Рис. 3. Статистические испытания (Монте-Карло)

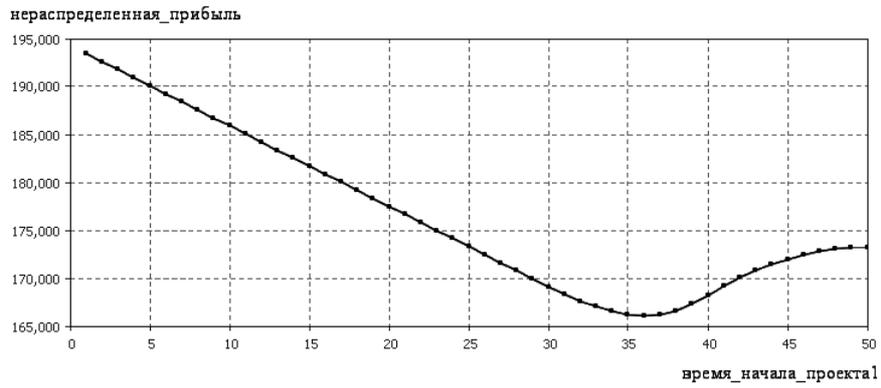
Максимальная сумма прибыли предприятия по результатам метода статистических испытаний совпадает со значением прибыли, которое получено при проведении оптимизационного эксперимента.

Эксперимент анализа чувствительности помогает оценить чувствительность результатов моделирования от конкретных параметров модели. Он выполняет несколько «прогонов» модели, варьируя значения одного из параметров и показывая, как результаты моделирования зависят от этих изменений.

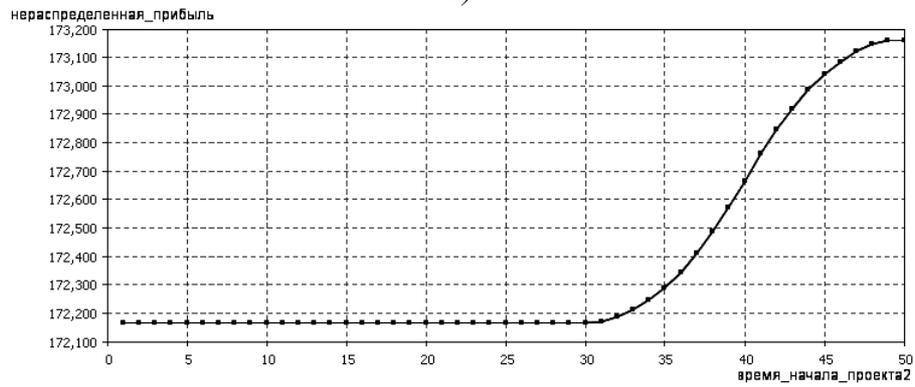
Анализ чувствительности модели – процедура оценки влияния исходных гипотез и значений ключевых факторов на выходные показатели модели. Обычно эксперимент с варьированием параметров и анализом реакции модели помогает оценить, насколько чувствительным является выдаваемый моделью прогноз к изменению гипотез, лежащих в основе модели.

Чувствительность созданной модели предприятия к изменениям параметров времени начала каждого из проектов можно определить, проведя соответствующие эксперименты (рис. 4).

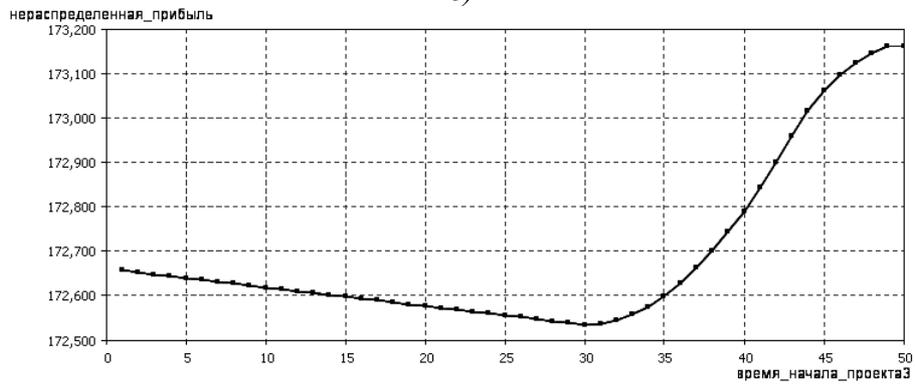
Результаты экспериментов анализа чувствительности совпадают с результатами, которые получены при проведении оптимизационного эксперимента. Значительный рост прибыли моделируемого предприятия, на котором реализуются три организационных проекта, возможен в том случае, когда проект 1 начинается в первый день моделируемого интервала времени, а проект 2 и проект 3 вообще не реализуются.



а)



б)



в)

Рис. 4. Анализ чувствительности к изменению параметров
времени начала проектов:
а – проекта 1; б – проекта 2; в – проекта 3

Выводы

1. В силу низкой эффективности применения аналитических моделей интеграцию механизмов управления организационными системами целесообразно производить на базе имитационного моделирования.

2. Для эффективного мониторинга функционирования и развития организационных систем предложена системно-динамическая модель с несколькими организационными проектами.

3. На основе полученных результатов экспериментов с имитационной моделью сделаны выводы о том, какое решение из области допустимых обращает в максимум показатель эффективности системы.

Перспективы дальнейших исследований. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку агентных моделей отдельных элементов организационных систем для анализа влияния активности их поведения в широком диапазоне стратегий.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Forrester J. *Urban Dynamics [Text] / J. Forrester.* – Cambridge: MIT Press, 1969. – 299 p.
2. Helbing D. *Simulating dynamical features of escape panic [Text] / D. Helbing, T. Viscek, I. Farkas // Nature.* – 2000. – № 407. – P. 487-490.
3. Schelling T. *Micromotives and Macrobehavior [Text] / T. Schelling.* – New York : W.W. Norton & Company, 2006. – 272 p.
4. Warren K. *Competitive Strategy Dynamics [Text] / K. Warren.* – New York : John Wiley & Sons, 2002. – 330 p.
5. Warren K. *Strategic Management Dynamics [Text] / K. Warren.* – New York : John Wiley & Sons, 2008. – 77 p.
6. Бурков В.Н. *Введение в теорию управления организационными системами [Текст]: Учебник / В.Н. Бурков, Н.А. Коргин, Д.А. Новиков / Под ред. чл.-кор. РАН Д.А. Новикова.* – М.: Либроком, 2009. – 264 с.
7. Возный А.М. *Оценка сценариев развития организационных систем на основе модельных экспериментов / А.М. Возный, К.В. Кошкин, Н.Р. Кнырик // Вісник НТУ «ХП». Сер. Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами.* – X., 2014. – № 2 (1045). – С. 27-32.
8. Новиков Д.А. *Теория управления организационными системами.* – М.: МПСИ, 2005. – 584 с.

Стаття надійшла до редакції

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, директор інституту, завідувач кафедри ІУСТ Миколаївського національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова **К.В. Кошкін**

доктор технічних наук, професор, Миколаївського національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова **С.К. Чернов**