

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Abstract: *The method of imitation modeling production-economic activity of the high level hierarchical system and means for its realization are presented. The method and means are demonstrated on the example of marketing level when evaluating contract efficiency.*

Key words: *imitation modeling, economic activity, contract efficiency.*

Аноація: *Представлено метод імітаційного моделювання виробничо-економічної діяльності багаторівневої ієрархічної системи і засоби для його реалізації. Метод і засоби проілюстровані на прикладі маркетингового рівня при оцінці ефективності контрактів.*

Ключові слова: *імітаційне моделювання, виробничо-економічна діяльність, ефективність контрактів.*

Аннотація: *Представлены метод имитационного моделирования производственно-экономической деятельности многоуровневой иерархической системы и средства для его реализации. Метод и средства проиллюстрированы на примере маркетингового уровня при оценке эффективности контрактов.*

Ключевые слова: *имитационное моделирование, производственно-экономическая деятельность, эффективность контрактов.*

1. Введение

В настоящее время нет экономико-математических моделей оценки деятельности промышленного предприятия при его сложной иерархической многоуровневой структуре с учетом неопределенностей и возмущений в условиях современной экономики. Не развиты методы имитационного моделирования различных уровней деятельности промышленного предприятия. Недостаточно развиты средства автоматизации планирования и проведения имитационных экспериментов с моделями сложных систем, интегрированных в структуру комплексной информационной системы предприятия.

2. Метод имитационного моделирования производственно-экономической деятельности промышленного предприятия

Метод представляет собой адаптацию общей методики создания и использования имитационных моделей сложных систем применительно к производственно-экономической деятельности промышленного предприятия. В основу метода положены следующие идеи: 1) формализация промышленного предприятия в виде сложной иерархической многоуровневой системы с координирующими элементами; 2) использование методологии IDEF0 [1] для структурного анализа объекта моделирования; 3) декомпозиция системы на компоненты, процессы и активности на основе процессного способа [2] формализации; 4) использование методологии объектно-ориентированного анализа и проектирования для составления программы имитационной модели; 5) использование алгоритмов случайного поиска, в частности, генетического алгоритма, для выбора рациональных решений; 6) использование информационной технологии XML для обмена данными между средствами системы имитационного моделирования; 7) использование технологии ADO.NET для интеграции с комплексной информационной системой предприятия.

3. Формализация производственно-экономической системы

Многоуровневая система S^ℓ промышленного предприятия на ℓ -м уровне описывается следующей символической конструкцией [3]:

$$S^\ell \leftrightarrow \{w, S_0, \sigma\}^\ell, \quad (1)$$

где w^ℓ – функциональные действия элементов системы, σ^ℓ – структура, конструкция системы, S_0^ℓ – координатор на ℓ -м уровне, ℓ – индекс уровня, $\ell \in L$.

Для системы S^ℓ с подсистемами ℓ -го уровня функциональные действия и структура представлены множествами, соответственно:

$$w^\ell \leftrightarrow \{\tilde{w}, S_0\}^\ell, \quad (2)$$

$$\sigma^\ell \leftrightarrow \{S_0, \tilde{\sigma}\}^\ell. \quad (3)$$

Координирующий элемент S_0^ℓ определяется внутренней ${}_0S^\ell$ и окружающей средой ${}_\varepsilon S^\ell$. При этом для ${}_0S^\ell$ определены функциональные действия и структура ${}_{0\pi}S^\ell$ внутриуровневых взаимодействий в окружающей среде ${}_\varepsilon S^\ell$ и функциональные действия и структура ${}_{\pi\varepsilon}S^\ell$ межуровневых взаимодействий в окружающей среде ${}_\varepsilon S^\ell$. Соответственно:

$$\{{}_0S, {}_{0\pi}S\}^\ell \leftrightarrow S^{\ell \pm 0}; \quad (4)$$

$$\{{}_{\pi\varepsilon}S, {}_\varepsilon S\}^\ell \leftrightarrow S^{\ell \pm \tau}, \quad (5)$$

где $S^{\ell \pm 0}$ – система внутриуровневых отношений, $S^{\ell \pm \tau}$ – система межуровневых отношений, τ – индекс уровня многоуровневой системы (рис. 1).

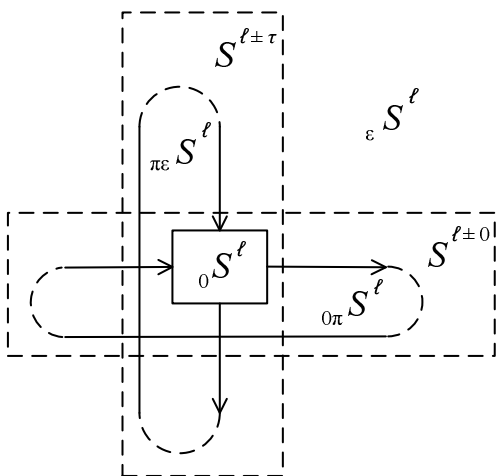


Рис. 1. Формализация многоуровневой системы

В разработанной модели производственно-экономической системы представлен уровень технологического процесса с процессами обеспечения контроля и регулирования технологических параметров в соответствии с регламентом, производственный уровень с распределением материальных потоков между подразделениями завода, уровень трудовых ресурсов с распределением заработной платы, финансовый уровень с денежными потоками, маркетинговый уровень с потоком заявок на продукцию и предложениями сырьевых ресурсов. При этом ставится проблема распределения задач вышестоящих уровней для обеспечения эффективной работы нижестоящих уровней.

4. Программно-технологический комплекс имитации сложных систем BelSim

Для решения поставленных задач моделирования используется программно-технологический комплекс имитации (ПТКИ) BelSim 2003. В состав комплекса входит программное обеспечение (ПО) для построения функциональной модели системы на основе методологии IDEF0; интегрированная среда разработки приложений на языке C++; система имитационного моделирования (СМ) PSTL (Process Simulation Template Library); ПО для планирования, проведения и обработки результатов имитационных экспериментов; ПО для решения оптимизационных задач; ПО для анализа и представления данных.

Помимо стандартных возможностей, ПТКИ BelSim обладает методами и средствами проведения структурного анализа системы и протекающих в ней процессов; способностью одновременного моделирования материальных, денежных и информационных процессов. Имеется возможность интеграции модели в информационную систему предприятия с целью получения исходных данных для моделирования и использования модели в составе системы управления [4].

5. Моделирование эффективности контрактов на маркетинговом уровне

Эффективность оборотных средств, полученных при реализации товарной продукции с предварительной оплатой, определяется их вложением в производство: приобретается сырье, производится готовая продукция и реализуется с плановой рентабельностью производства R_{π} . Производителю предоставляется беспроцентная ссуда, за счет которой он получает дополнительную прибыль, отправляя все средства на развитие производства. В другом варианте он отказывается от краткосрочной ссуды банка и при этом также извлекает выгоду [3].

Учет прибыли за счет банковского процента определяется рентабельностью R_{σ} :

$$R_{\sigma} = (1 + R) \left(1 + \frac{T_{\text{пр}}}{T_{\Gamma}} i_{\Gamma} \right) - 1. \quad (6)$$

Учет прибыли в производственном цикле определяется рентабельностью R_p :

$$R_p = (1 + R) \left(1 + R_{\pi} \frac{T_{\text{от}}}{T_{\text{ц}}} \right) - 1. \quad (7)$$

Выражения (6)–(7) справедливы, если объем контракта X_n значительно меньше объема производственной программы. В противном случае необходимо учитывать изменение доли постоянных затрат в себестоимости единицы продукции при изменении объема выпуска.

Учет инфляционного фактора. В условиях инфляции государственные или иные ограничения на рост цен снижают эффективность средств, вкладываемых в производство. Эти ограничения учтены при расчете рентабельности контракта. Например, для контракта с предварительной оплатой:

$$1 + R_{\text{пр}}^{\text{и}} = I_{\gamma} / I_{\alpha} + R_{\text{пр}}. \quad (8)$$

Эффективность контракта снижается, если рост цен на товарную продукцию отстает от темпа инфляции (рис. 2).

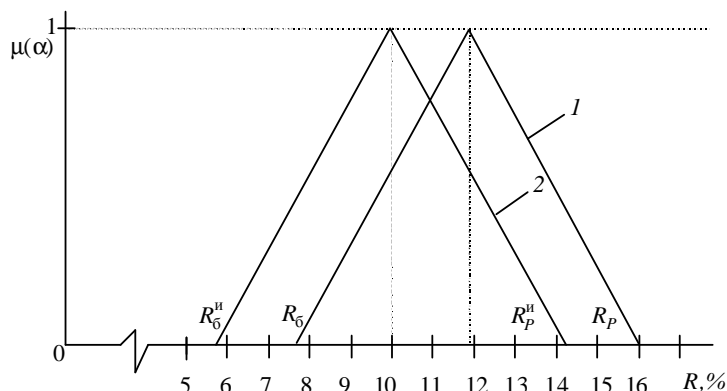


Рис. 2. Интервальная оценка эффективности контракта с предварительной оплатой без учета (1) и с учетом (2) инфляционного фактора

Полученные выражения (6)–(8) позволяют автоматизировать процесс оценки эффективности контракта и ценообразования в маркетинговой деятельности предприятий.

6. Имитационное моделирование контрактов в ПТКИ BelSim

Бизнес-процессы большинства современных промышленных предприятий построены согласно стандартам MRP/ERP [4]. Различия видны только при более детальном

рассмотрении и связаны, в основном, с особенностями выпускаемой продукции и технологического процесса. С учетом этого в состав ПТКИ BelSim включена ИМ промышленного предприятия, использующего концепции управления MRP II/ERP – основу для построения ИМ конкретного предприятия.

Для моделирования контрактов в базовую модель предприятия добавлены процессы, алгоритмы которых моделируют выполнение соответствующих типов контрактов. Моделируются процессы, связанные непосредственно с контрактами, т.е. с производством и реализацией продукции: процессы снабжения, производства и сбыта продукции, финансовые процессы.

На вход ИМ поступают денежные средства и ресурсы. Денежные средства поступают отдельными платежами, характеризующимися суммой, датой и источником. Поток денежных средств определяется условиями заключенных контрактов на реализацию продукции, получение займов. Ресурсы

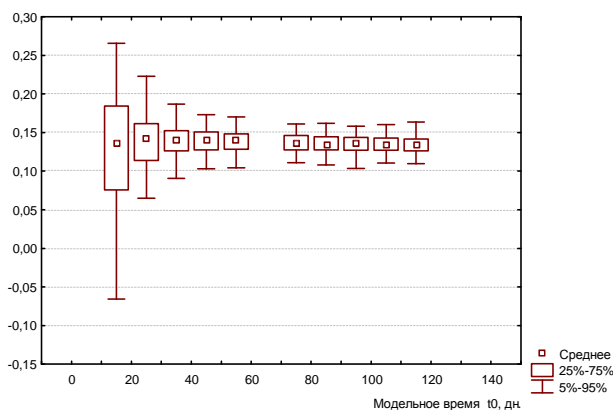


Рис. 3. График длины переходного периода (рентабельность продукции, R, отн. ед.)

включают в себя материальные ресурсы (сырье, материалы); энергетические ресурсы (электроэнергия). Материальные ресурсы поступают дискретно, партиями определенного объема. Энергетические ресурсы поступают по мере использования и не запасаются.

Результатом функционирования рассматриваемой системы являются денежные средства и продукция (рис. 3). Денежные средства выплачиваются в соответствии с заключенными контрактами на поставку

ресурсов, видами и ставками налогов, установленным размером заработной платы, условиями получения кредитов. Продукция отгружается партиями в заданных условиями контракта объемах, ассортименте и сроках.

В качестве управляющих воздействий выступают запросы на продукцию, предложение ресурсов. Запросы на продукцию характеризуются требуемыми ассортиментом и объемами продукции, сроками и формой отгрузки и оплаты. Предложение ресурсов определяет возможные цены, объемы, сроки поставки

ресурсов и условия оплаты за них. Запросы на продукцию и предложение ресурсов являются основой для заключения контрактов.

7. Программная поддержка принятия решений на маркетинговом уровне

После отладки полученной ИМ проведены исследования ее свойств и показана пригодность к использованию. При решении практической задачи поиска условий заключения контрактов для достижения заданной эффективности использованы средства оптимизации на основе имитационного и эволюционного моделирования, входящие в состав ПТКИ. Кроме того, с использованием построенной ИМ проведено исследование влияния параметров множества контрактов на финансово-экономическое состояние предприятия.

По результатам экспериментов определена область применения математической модели рентабельности контракта. Модель реализована в программном комплексе оперативной оценки и прогнозирования эффективности контрактов Contract Analyzer 2 (рис. 4). Последний прошел апробацию при практическом использовании на предприятиях Республики Беларусь.

На рис. 4 представлена основная рабочая форма Contract Analyzer 2. Здесь осуществляется

выбор схемы контракта и в соответствии с ней задаются его параметры.

Рис. 4. Входная форма данных "Контракт" в Contract Analyzer 2

8. Заключение

Формализация сложной производственно-экономической системы, обладающей иерархичностью и многоуровневостью, позволяет построить ИМ как отдельных уровней, так и ИМ межуровневых отношений.

На каждом из уровней на основе ИМ создаются средства поддержки принятия решений. Многоуровневое моделирование позволяет оценить качество координирующих стратегий и повысить эффективность

производственно-экономической системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. IDEF0. FIPS Integration Definition for Function Modeling (IDEF0), Federal Information Processing Standards Publication 183, Computer Systems Laboratory, National Institute of Standards and Technology, 1993.
2. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1988. – 232 с.
3. Hierarchical mathematics: theory of sway / S. Novikava, S. Gancharova, A. Burawkin, M. Mahoniok, W. Nowik, A. Yakimaw, K. Miatliuk // Proceedings of 8th IFAC / IFORS / IMACS / IFIP Symposium on Large Scale Systems: Theory and Applications, LSS'98. – Greece, Rio Patras, University of Patras. – 1998. – July 15–17. – P. 480–487.
4. Якимов А.И., Альховик С.А. Имитационное моделирование в ERP-системах управления. – Минск: Бел. наука, 2005. – 197 с.