

УДК 519.86; 06.71.37; 06.71.45

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МАЛЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ВУЗАХ

И.А. Лагереv

Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского

В статье предложена методика имитационного моделирования процесса создания, развития и ликвидации малых инновационных предприятий при вузах некоторого региона (города, области, страны). В качестве метода моделирования использован генетический алгоритм, реализованный в виде компьютерной программы. Разработанная математическая модель и методика моделирования использована для моделирования жизненного цикла малых инновационных предприятий при вузах Брянской области.

Ключевые слова: малые инновационные предприятия, жизненный цикл, вуз, имитационное моделирование, генетические алгоритмы, прогноз.

Одним из важных шагов по развитию инновационной инфраструктуры является принятие Федерального закона от 02.08.2009 г. №217-ФЗ, позволяющего вузам создавать малые инновационные предприятия (далее – МИП). Однако в практической реализации данного закона отмечены существенные проблемы. По данным исследования [1] более 30% МИП существуют только на бумаге, до 60% – практически не ведут экономической деятельности. Основной причиной этого является изначальное отсутствие внятной экономической стратегии развития в силу низкой квалификации менеджмента МИП. К сожалению, большая часть управленцев МИП формируется из преподавателей вузов, не обладающие даже базовыми бизнес-компетенциями [2]. В результате единственным видом деятельности организации становится сдача нулевой бухгалтерской отчетности, содержание расчетного счета и бесконечные жалобы на отсутствие какой-либо помощи со стороны вуза. Чтобы избежать такого развития событий требуется обоснование необходимости создания и оценка перспектив развития малого инновационного предприятия при вузе. Сегодня для этого используются простейшие методы, не позволяющие построить долгосрочный прогноз развития МИП, обладающие низкой точностью. Между тем, для анализа динамики сложных экономических систем разработаны современные методы. Наиболее эффективным является метод имитационного моделирования [3-6].

При выборе стратегии инновационного развития МИП необходимо определить значения параметров предприятия и реализуемых им проектов, обеспечивающие минимальное время наступления инновационного эффекта. При этом следует учитывать ограниченность финансовых ресурсов предприятия, позволяющих достичь тех или иных значений параметров, постоянно меняющиеся условия рынка. По существу, такая задача является задачей математического программирования [4]. Однако с точки зрения университета важно не только определять наилучшие сочетания параметров, но и при текущих значениях параметров оценивать выживаемость предприятия в изменяющихся условиях с целью предотвращения создания заведомо убыточных МИП.

Для обеспечения устойчивого развития МИП целевая функция (1) в задаче математического программирования требует максимизации:

$$C(\{y\}, \{z\}) \rightarrow \max, \quad (1)$$

где $\{y\}$ – вектор управляемых параметров целевой функции (могут изменяться в ходе моделирования), $\{z\}$ – вектор неуправляемых параметров целевой функции (принимаются постоянными до начала моделирования).

Функция (1) также является функцией выживаемости предприятия при обосновании необходимости его создания. Если выполняется условие (2), то вузу следует воздержаться от участия в предприятии в качестве учредителя (участника).

$$C < [C], \quad (2)$$

где $[C]$ – минимально допустимое значение функции выживаемости.

Задача оптимизации (1) или оценки выживаемости (2) решается с помощью генетического алгоритма. В ходе исследования алгоритм реализован в виде программы для ЭВМ. Смысл генетического алгоритма заключается в модификации популяции по законам, повторяющим эволюцию в живой природе. Под популяцией понимается совокупность предприятий, с различными значениями параметров. Каждый параметр называется геном (в общем виде обозначается x_i), а значение параметра – аллелью. Совокупность из M генов называется хромосомой X

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, a_m\}.$$

Каждый ген размещается в хромосоме в некоторой позиции i_x , которая называется локус. Входящее в популяцию предприятие называется особью [4].

Таким образом значение целевой функции (1) полностью определяется значениями всех генов конкретного предприятия, входящего в популяцию. Цель генетического алгоритма – последовательное итерационное изменение аллелей, приводящее к возвышению особей с оптимальными значениями генов, которым соответствует оптимальное значение целевой функции [4]. При этом выбраковываются особи, для которых не выполняется условие (2), что позволяет оценить жизнеспособность МИП.

Генетический алгоритм имитирует эволюционный процесс, заключающийся в последовательной смене поколений особей. При этом в популяции происходят мутации (самопроизвольные изменения значений генов), выбор родителей, кроссовер (скрещивание), селекция (выбор лучших) [4].

Моделирование заканчивается в том случае, если на протяжении 500 поколений не происходит существенного изменения генотипа популяции (структуры и содержания хромосом). Это явление называется стагнацией. Оно вызывается вырождением популяции, при котором теряется разнообразие генов. Генетический алгоритм приводит к видоизменению популяции от начального поколения, заданного случайным образом, к экстремуму целевой функции (при котором наступает стагнация). Согласно теореме шаблонов этот процесс развивается по показательному закону [4].

Структурная схема использованного в работе генетического алгоритма показана на рис. 1.

Параметры особей начальной популяции назначаются по закону равномерного распределения в установленных границах. При необходимости оценки выживаемости конкретного предприятия 50% особей в исходной популяции обладают параметрами, свойственными исследуемому МИП.

Для реализации поиска новых хромосом в процессе моделирования происходят мутации. Мутация – это случайное изменение значений некоторых генов. При моделировании вероятность мутации $P_m = 0,001$. Для снижения вероятности ранней стагнации, что может привести к получению локального экстремума целевой функции, если две родительские хромосомы различаются значениями менее трех генов, то вероятность мутации увеличивается в 10 раз [4].

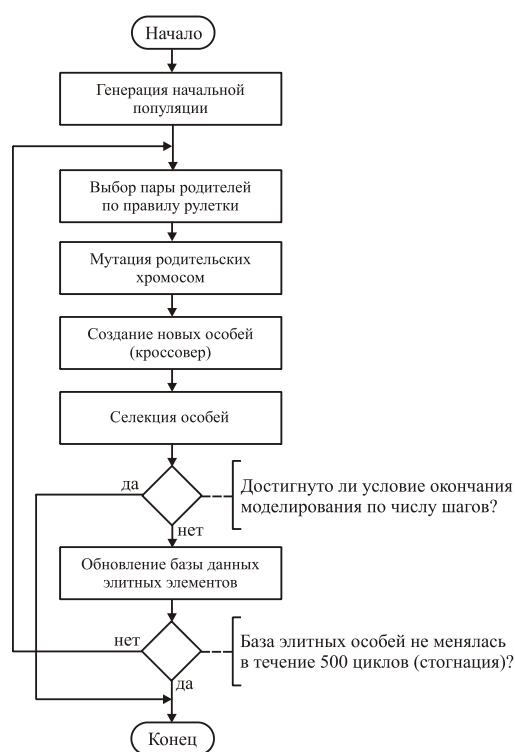


Рис. 1. Структурная схема генетического алгоритма

Создание новых особей с новыми значениями генов происходит в процессе кроссовера родительских пар. Выбор родительских особей происходит случайным образом. Вероятность P_k выбора k -го члена популяции в качестве родителя определяется по следующей формуле

$$P_k = \frac{(C_{\min} - C_k)}{\sum_{i=1}^N (C_{\min} - C_i)},$$

где C_{\min} – минимальное значение целевой функции в популяции, C_k – значение целевой функции k -го члена популяции, N – размер популяции [4].

Кроссовер заключается в разделении родительских хромосомами рекомбинировании образовавшихся хромосомных отрезков. Так как параметры целевой функции (1) однородны, то при моделировании выполняется одноточечный кроссовер, предполагающий деление хромосомы на две части (рис. 2). Однородность означает, что отображаемые генами параметры относятся к одной и той же классификационной группе и не могут быть сгруппированы по каким-либо признакам [4].

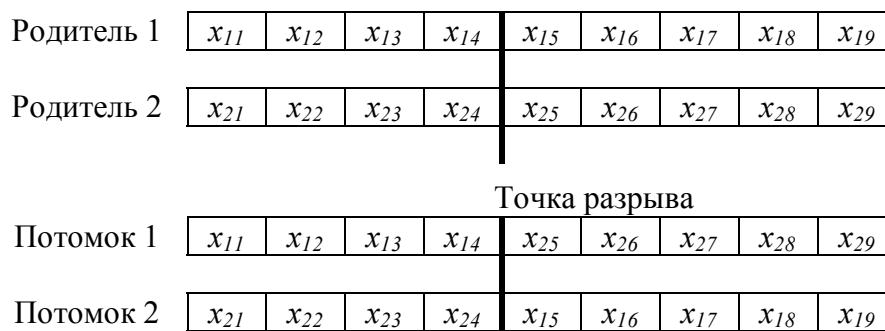


Рис. 2. Схема одноточечного кроссовера

После кроссовера выполняется селекция. Из двух особей, полученных в ходе кроссовера, в новое поколение включается только потомок с наименьшим значением целевой функции. Это позволяет избежать включение в популяцию слабых особей.

Целевая функция (1) в задаче математического программирования выбрана следующим образом

$$C(\{y\}, \{z\}) = D_N(\{y\}, \{z\}) - R_N(\{y\}, \{z\}), \quad (3)$$

где D_N – доходы за N последних месяцев, R_N – расходы за N последних месяцев ($N=12$).

К управляемым параметрам $\{y\}$ отнесены: объем реализации за период, шт.; стоимость единицы продукции, руб.; постоянные издержки, руб.; переменные издержки, руб.

К неуправляемым параметрам отнесены: стоимость разработки инновационного продукта, руб.; срок окончания разработки продукта с момента создания предприятия (безразмерная величина, определяется длиной такта моделирования); величина начального капитала (собственные средства или кредит), руб.; расходы на заработную плату, руб.

В ходе моделирования также учитывается текущее состояние рынка. Оно определяет рост или падения объемов реализации выпускаемой предприятием инновационной продукции (оказываемых услуг). Для моделирования роста или падения рынка могут использоваться законы распределения или четко заданные экономические циклы. Так как экономика России во многом зависит от экспорта энергоносителей, то в ходе моделирования использовались данные о росте или падении цены на нефть (осредненные значения цены на нефть за период такта вычислительного алгоритма).

Результаты имитационного моделирования жизненного цикла МИП Брянской области после 120 месяцев работы показаны на рис. 3. Моделирование выполнено в компьютерной программе, разработанной на языке программирования C#. Начальная популяция была построена из особей с параметрами, характерными для 19 региональных МИП, распределен-

ными в равномерной пропорции. Круги обозначают группы особей с одинаковыми значениями генов. Размер круга зависит от количества членов группы. Красным цветом показаны «мертвые» особи, для которых было выполнено условие $C < 0$.

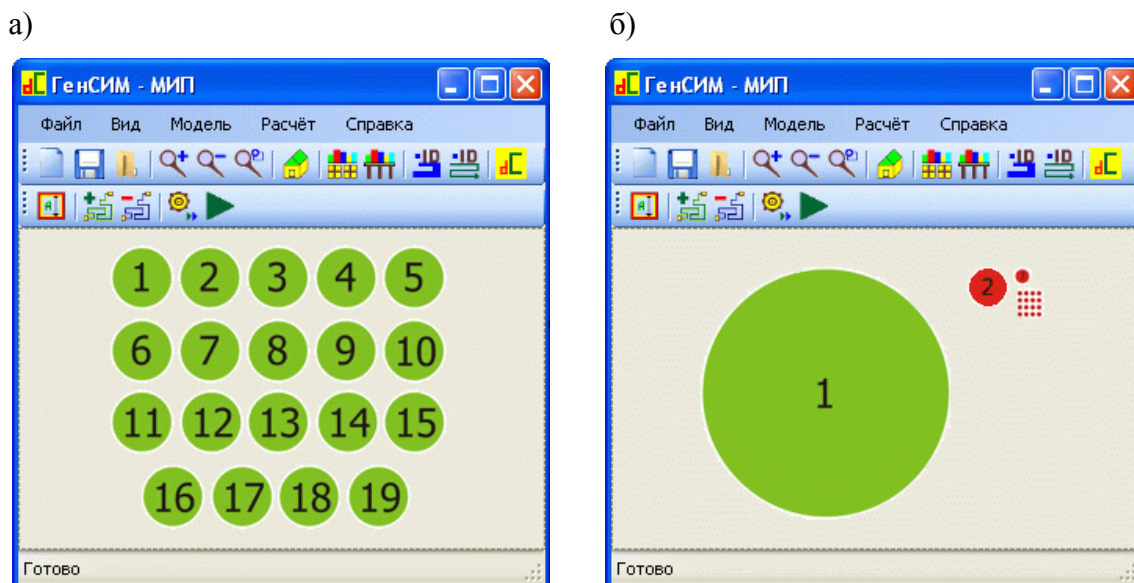


Рис. 3. Результаты имитационного моделирования в компьютерной программе:
а – начальная популяция; б – популяция через 120 месяцев

Графики изменения значения целевой функции для исследуемых МИП показаны на рис. 4. По этическим причинам данные результаты обезличены (не указаны конкретные названия МИП и вузов).

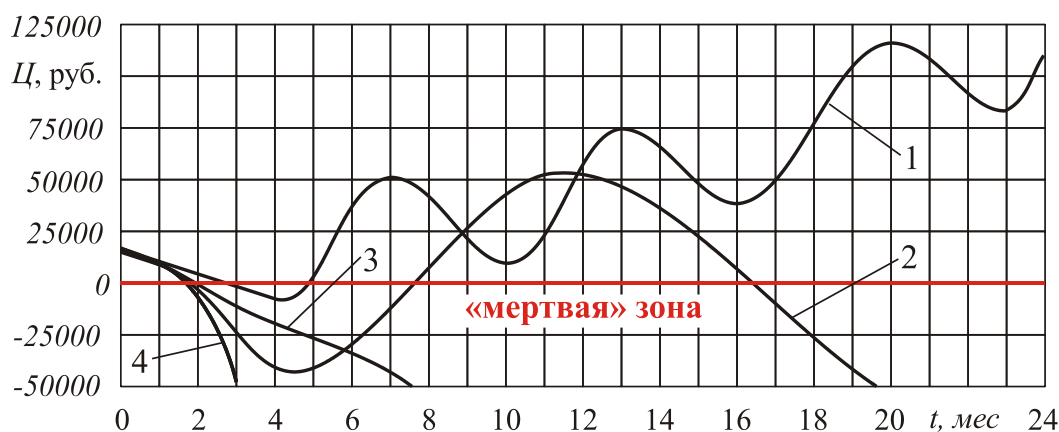


Рис. 4. Изменение значения целевой функции для МИП Брянской области:
1 – МИП в области консалтинга; 2 – МИП в инженерной области;
3 – МИП в медицинской области; 4 – МИП в области услуг

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Результаты имитационного моделирования подтверждают реальное положение дел у МИП Брянской области, которые в подавляющем большинстве не ведут экономическую деятельность. Строго говоря, такие предприятия не следовало создавать. В долгосрочной перспективе они принесут вузам большие организационные и финансовые издержки, связанные с их корректной ликвидацией.

2. Результаты моделирования показывают, что одним из перспективных направлений работы МИП является оказание консалтинговых услуг, связанных с регулярным поступлением государственных средств по целевым программам (график 1 на рис. 4).

3. Резкое изменение условий рынка может привести к прекращению деятельности МИП, несмотря на позитивное начало (график 2 на рис. 4). Таким образом, рекомендуется моделировать неблагоприятные условия при оценке целесообразности создания МИП.

4. В некоторых случаях имитационное моделирование предсказывает более раннее прекращение деятельности МИП, чем это происходит на самом деле (например, график 3 на рис. 4 предполагает завершение работы МИП через 8 месяцев, в то время, как реальное значение составило 25 месяцев). Это связано с тем, что используемая модель не учитывает возможность выделения крупного гранта. Однако с точки зрения общей выживаемости такие гранты, в конечном счете, не влияют на итоговый результат. С учетом того, что гранты, выделяемые МИП, не учитываются в показателях эффективности вуза, то создавать МИП только ради этих средств не целесообразно.

Разработанные модели и методики моделирования будут применены в дальнейшем к разработке стратегии эффективной деятельности МИП при вузах.

Список литературы

1. STRF. Треть малых предприятий при вузах существует лишь на бумаге [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=223&d_no=41450#.UnFQLOURK8A.

2. Лагереv, И.А. Управление кадровым потенциалом малых инновационных предприятий при вузах / И.А. Лагереv // Проблемы социально-экономического развития регионов. – 2015. – С. 70-74.

3. Белобородова, Н.А. Генетический алгоритм поиска оптимального варианта роста производства в экономике муниципального образования / Н.А. Белобородова // Информационно-управляющие системы. – 2009. – №4. – С. 53-58.

4. Норенков, И.П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии / И.П. Норенков, П.К. Кузьмик. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 320 с.

5. Лагереv, И.А. Имитационное моделирование факторов нагруженности металлоконструкции мостового крана / И.А. Лагереv // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2009. – №4. – С. 65-70.

6. Лагереv, И.А. Моделирование факторов нагруженности металлоконструкции мостового крана на основе сетевой имитационной модели / И.А. Лагереv // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2010. – №2. – С. 74-81.

Сведения об авторах

Лагереv И.А. – кандидат технических наук, проректор по инновационной работе ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», lagerev-bgu@yandex.ru.

UDK 519.86; 06.71.37; 06.71.45

LIFE CYCLE SIMULATION MODELING OF SMALL INNOVATE COMPANIES WITH UNIVERSITIES SHARING

I.A. Lagerev

Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University

Life cycle simulation modeling of small innovate companies with universities sharing is under consideration in this article. This companies works in determined region (city ore state). The genetic algorithm was used for simulation modeling. The Bryansk region small innovate companies activities was simulated by this technique.

Keywords: *small innovate companies, life cycle, university, simulation modeling, genetic algorithm, forecast.*

References

1. STRF. Tret` malykh innovatsionnykh predpriyatiy suschestvuyut tol'ko na bumage. – http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=223&d_no=41450#.UnFQLOURK8A.
2. Lagerev I.A. *Small innovate companies* with universities sharing staff management, *Problemy sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya regionov*, 2015, pp. 70-74.
3. Beloborodova N.A. A city industrial growth conditions optimization by genetic algorithm, *Informatsionno-upravlyayuschie sistemy*, 2009, No.4, pp. 53-58.
4. Norenkov I.P. *Informatsionnaya podderjka naukoemkikh izdeliy. CALS-tekhnologii* [Special software for engineering design. CALS]. Moscow, Moscow N.E. Bauman state technical university, 2012. 320 p.
5. Lagerev I.A. Simulation of a bridge crane metal construction loading parameters, *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2009, No.4, pp. 65-70.
6. Lagerev I.A. Simulation of a bridge crane metal construction loading parameters by network simulation model, *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2010, No.2, pp. 74-81.

Author's information

Lagerev I.A. – Candidate of Technical Sciences, Vice rector for Innovations at Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University, lagerev-bgu@yandex.ru.