

Krassimir Markov, Vitalii Velychko, Oleksy Voloshin
(editors)

**Information Models
of
Knowledge**

**ITHEA[®]
KIEV – SOFIA
2010**

Krassimir Markov, Vitalii Velychko, Oleksy Voloshin (ed.)

Information Models of Knowledge

ITHEA®

Kiev, Ukraine – Sofia, Bulgaria, 2010

ISBN 978-954-16-0048-1

First edition

Recommended for publication by The Scientific Council of the Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA
ITHEA IBS ISC: 19.

This book maintains articles on actual problems of research and application of information technologies, especially the new approaches, models, algorithms and methods for information modeling of knowledge in: Intelligence metasynthesis and knowledge processing in intelligent systems; Formalisms and methods of knowledge representation; Connectionism and neural nets; System analysis and synthesis; Modelling of the complex artificial systems; Image Processing and Computer Vision; Computer virtual reality; Virtual laboratories for computer-aided design; Decision support systems; Information models of knowledge of and for education; Open social info-educational platforms; Web-based educational information systems; Semantic Web Technologies; Mathematical foundations for information modeling of knowledge; Discrete mathematics; Mathematical methods for research of complex systems.

It is represented that book articles will be interesting for experts in the field of information technologies as well as for practical users.

General Sponsor: Consortium FOI Bulgaria (www.foibg.com).

Printed in Ukraine

Copyright © 2010 All rights reserved

© 2010 ITHEA® – Publisher; Sofia, 1000, P.O.B. 775, Bulgaria. www.ithea.org ; e-mail: info@foibg.com

© 2010 Krassimir Markov, Vitalii Velychko, Oleksy Voloshin – Editors

© 2010 Ina Markova – Technical editor

© 2010 For all authors in the book.

® ITHEA is a registered trade mark of FOI-COMMERCE Co., Bulgaria

ISBN 978-954-16-0048-1

C/o Jusautor, Sofia, 2010

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ИСКУССТВЕННЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНЦЕПЦИИ «ИСКУССТВЕННАЯ ЖИЗНЬ»

Богдан Мыслик

Аннотация: В статье рассматривается проблема моделирования сложных искусственных систем. Для моделирования выбрана концепция «искусственной жизни» так как больше всего подходит для решения поставленной задачи. Рассмотрены основные модели искусственной жизни: PolyWorld (ПолиМир), Larry Yaeger; Interaction between learning and Evolution, D. Ackley, M. Littman; «Кузнечик», М. С. Бурцев, Р. В. Гусарев, В. Г. Редько. Обусловив все положительные и отрицательные стороны каждой модели определенно основные характеристики модели функционирования производственных предприятий которая учитывает все аспекты моделирования. Выполнена формализация основных составляющих алгоритма моделирования, предложены элементы функциональной нагрузки объектов моделирования.

Ключевые слова: искусственная жизнь, нейронные сети, моделирования эволюции, искусственная система, нейронная сеть.

ACM Classification Keywords: I.2.0 ARTIFICIAL INTELLIGENCE - General

Введение

С развитием производства, внедрения новых технологий приобретают новое качество задачи моделирования искусственных систем. Актуальной является проблема прогнозирования деятельности таких сложных искусственных систем, как производственные предприятия. Для изучения сложных систем применяется компьютерное моделирование [Самарский, Михайлов, 1997]. Различают аналитическое, имитационное и эволюционное моделирование. При аналитическом моделировании изучаются математические (абстрактные) модели реального объекта в виде алгебраических, дифференциальных и других уравнений, а также предусматривают выполнение однозначной процедуры вычисления, которое приводит к их точному решению. При имитационном моделировании исследуются математические модели в виде алгоритмов, которые имитируют функционирование исследуемой системы путем последовательного выполнения большого количества элементарных операций. При эволюционном моделировании создаются системы, которые являются биологически реалистичнее, чем другие системы [Емельянов, Курейчик, Курейчик, 2003]. К ним относят концепцию «искусственной жизни».

«Искусственная жизнь» (ИЖ) - это не что другое, как попытка выучить именно жизнь, живые системы, их эволюцию с помощью программ созданных человеком [Бурцев, 2007]. Основной проблемой ИЖ является созданием вычислительных систем и моделей, которые действуют на базе биологических и эволюционных принципов.

В работе, проведя обзор моделей с применением концепции ИЖ и отметив особенности каждой, предлагается новый подход к созданию моделей. На основе этого смоделировать эволюцию производственных предприятий с поведением, которое базируется на учете внешних факторов и мотивации.

Обзор научных источников

Для моделирования работы предприятий и выбора модели программирования исследуем основные существующие решения:

- PolyWorld (ПолиМир), Larry Yaeger, 1993;
- Interaction between learning and Evolution, D. Ackley, M. Littman, 1992;
- «Кузнечик», М. С. Бурцев, Р. В. Гусарев, В. Г. Редько, 2002.

ПолиМир, Ларри Ягер [Yaeger, 1994]. Модель можно изобразить как большой стол, который ограничен стенками по краям, на котором живут искусственные индивиды. Они двигаются, поглощают энергию и репродуцируются. Также индивиды могут вступать в борьбу с другими индивидами, при этом побежденный индивид превращается в источник энергии для победителя. Ларри Ягер предоставил индивидам интересную особенность - все они владеют цветом и разноцветным зрением. Например, если индивид вступает в борьбу, то его цвет становится красным.

Эти свойства позволяют популяции индивидов эволюционировать, что помогает нам увидеть и проанализировать подобные эволюционные процессы. Фактически модель Л. Ягера показала, что:

- сложное цветное зрение полностью могло сформироваться в процессе эволюции;
- возможно эволюционное формирование трех стратегий.

Что касается первой стратегии, то в ней индивиды двигаются прямолинейно с максимальной скоростью, потребляют все виды энергии на своем пути, и репродуцируются со всеми индивидами на своем пути.

Избрав вторую стратегию, индивид остается на месте, а репродуцируется или вступает в борьбу с другими индивидами лишь при условии их приближения.

Третья стратегия встречается только в некоторых экспериментах, в которых индивиды циркулировали за или против часовой стрелки вдоль барьеров, которые ограничивают стол, и это приводило к определенным преимуществам, поскольку здесь индивиды чаще, чем обычно находили других индивидов, с которыми можно взаимодействовать.

Подводя небольшой итог можно сказать, что Ларри Ягер, с помощью своего ПолиМир реализовал не что другое как естественный отбор индивидов и ничего большего. Именно это имеется в виду под словом «Эволюция» в ПолиМире.

Interaction between learning and Evolution, D. Ackley, M. Littman [Ackley, Littman, 1992]. В модели предлагается, чтобы индивиды жили в двумерном мире, разбитом на клетки. В клеточках могут располагаться сами индивиды, деревья, хищники, трава и камни. Соответственно индивиды - это главная «единица» мира, а все другое влияет на них.

Хищники атакуют индивидов, причем сильнее, чем индивиды хищников. Средством для защиты от хищников служит дерево, на котором может влезть индивид, если там нет другого индивида. Но и находиться постоянно на дереве опасно, поскольку деревья со временем погибают, убивая индивида, который сидит на нем.

Поведение индивидов управляется их нейронной сетью. Входами нейронной сети является: видимая картина мира и внутреннее состояние индивидов (количество энергии и здоровья). Индивиды видят мир вокруг себя на расстоянии до 4 клеточек в 4-х направлениях (север, юг, восток, запад). Поведение индивидов определяется выходами их нейронной сети. Мир развивается в дискретном времени. Каждый такт времени нейронная сеть определяет выбор действий индивида. Выбор действий очень простой: выбрать одно из 4-х направлений движения. После выбора действия "локальная судьба" поведение индивида в следующий такт времени будет однозначно определено - она зависит только от того, которое есть в целевой клеточке (клеточке за направлением движения).

Например, индивид может просто переместиться в целевую клеточку (если эта клеточка пуста), съесть в клеточке траву (если она там есть), влезть на дерево (если в целевой клетке есть дерево, и на нем нет индивида), удариться о камень, быть ударенным другим индивидом или хищником и тому подобное.

Нейронная сеть индивида состоит из двух блоков:

- блок поведения, то есть блок, который определяет действия индивида в каждый такт времени;
- блок оценки действия, то есть блок, который формирует цель поведения индивида.

Эти блоки позволяют совместить в данной модели учебу и эволюцию. Блок оценки действия «производит» учебный сигнал для блока поведения, который, в свою очередь, вынуждает индивида действовать соответствующим образом. Сам сигнал может быть или позитивным, если блок оценки

«считает», что команда блока поведения улучшит жизнь индивида, или негативным, если ухудшит жизнь индивида. Таким образом, после разных успехов и неудач индивида, его нейронная сеть корректируется и принимает в тех же действиях «верное» решение. Так и осуществляется учеба.

А в процессе репродукции двух индивидов, их нейроне сети передаются потомкам - так осуществляется эволюция в модели.

Результаты работы Д. Екли и М. Литтмана были достаточно интересны. Они запускали модель по очереди: сначала модель только с учебой, потом модель только с эволюцией и наконец, модель полную - и с учебой, и с эволюцией. Стало понятно, что при взаимодействии учебы и эволюции индивиды не вымирали на протяжении миллиона тактов жизни (а один раз число тактов достигло $9 \cdot 10^6$), тогда как при одиночных моделях индивиды вымирали в 5-7 раз быстрее!

«Кузнечик», М.С. Бурцев, Р.В. Гусарев и В.Г. Редько. Наиболее удачно выполнить моделирование жизнедеятельности сложных искусственных систем с учетом, кроме обычных эволюционных процессов, еще и фактора мотивации удалось М.С. Бурцеву, Р.В. Гусареву и В.Г. Редьку в модели под названием «Кузнечик» [Бурцев, Гусарев, Редько, 2001].

Для живых организмов свойственная целенаправленность поведения, то есть стремление достичь определенной цели. Для животных - это самое частое выживание и размножение. В своей работе М. С. Бурцев, Р. В. Гусарев и В. Г. Редько пытаются с помощью компьютерной модели ответить на вопрос: «Как целеустремленное поведение могло возникнуть в процессе эволюции жизни на нашей планете?».

В данном проекте авторами используется такое понятие, как мотивация. Ведь мотивация любого живого существа, которое попадает в ту или другую ситуацию, стимулирует выбор правильного решения. Используя мотивацию, в модели исследуется возможный механизм возникновения целеустремленного поведения в процессе эволюции.

Все действия в модели разворачиваются в одномерной клеточной среде. Время дискретное - то есть в каждый такт времени выполняется одно действие. В клеточках, с определенной достоверностью, растет трава. Есть популяция индивидов, в которых есть потребность в энергии, за счет питания и потребность в размножении. Энергия индивида тратится при выполнении следующих действий, причем на выполнение разных действий тратится разное количество энергии:

- быть в состоянии покоя (отдыхать) - наименьшее количество энергии;
- есть (пополнять свой энергетический ресурс) - в два раза больше энергии;
- двигаться, то есть перемещаться на одну клеточку вправо или влево - еще в два раза больше расходов энергии, чем на питание;
- прыгать через несколько клеточек в случайную сторону - в 5 раз больше расходов, чем при движении;
- репродуцироваться - в 5 раз больше расходов энергии, чем при движении.

Каждая потребность индивида характеризуется количественно мотивацией. Например, если индивид видит рядом другого индивида и его энергетический ресурс достаточен для репродукции, он отмечает себя цветом как готовый к размножению, если второй индивид делает то же - происходит репродукция. В результате появляется новый индивид, который берет часть энергетического ресурса от родителей. Каждый индивид имеет свою нейронную сеть, которая имеет специальные входы от мотиваций.

Нейронная сеть индивида содержит один слой нейронов (Рис. 1). На входы нейронной сети поступают сигналы от сенсорных входов. Входы и нейроны связаны по принципу "все со всеми", то есть каждый нейрон получает сигналы от всех входов. Нейроны формируют исходные сигналы, которые определяют действия индивида.

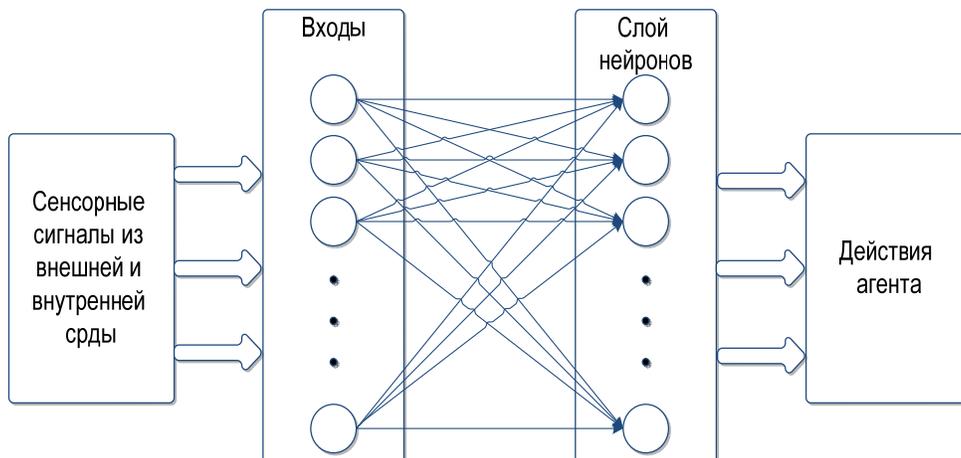


Рис. 1. Структура нейронной сети.

Рассмотрим входные сигналы нейронной сети.

Допускаем, что индивид получает из внешней среды следующую информацию:

- наличие травы во всех клеточках поля зрения;
- есть ли индивид в клеточке слева;
- есть ли индивид в клеточке дело;
- интенсивность синего цвета (что характеризует мотивацию к репродукции) соседних индивидов в ячейке слева и дело.

Кроме того, из внутренней среды индивид получает информацию о его мотивации.

Таким образом, мы имеем $3+1+1+2+2 = 9$ входных сигналов нейронной сети.

Слой нейронов определяет действия индивида. Каждый нейрон отвечает одному действию. Будем считать, что индивид в данный такт времени выполняет то действие, которое отвечает максимальному исходному сигналу нейрона. Перечислим действия индивида:

- отдых (нахождение в состоянии покоя);
- движение в соседнюю ячейку влево или вправо;
- прыжок (через несколько ячеек);
- питание;
- репродукция с одним 2-х возможных соседей.

Принимая во внимание, что действия 2,5 имеют два варианта, видим, что есть $1+2+1+1+2 = 7$ разных действий индивида. Соответственно, нейронная сеть индивида содержит 7 нейронов.

Входы и нейроны имеют полные межслоевые синаптические связи, таким образом, есть $7 \times 9 = 63$ веса.

За счет нейронной сети управляется поведение индивида и так же происходит эволюция индивидов - геном (набор весов нейронной сети) потомка формируется, в результате репродукция, на основе генома родителей с помощью рекомбинации и мутации. При уменьшении ресурса к нулю - индивид умирает. Для анализа были смоделированы два варианта: индивиды с мотивацией и индивиды без мотиваций. Так же были заданы разные параметры P - достоверность случайного появления травы в каждый такт времени. Конечные результаты показали, что популяция индивидов, которые имеют мотивации намного лучше приспособляется к окружающей среде, причем при среднем количестве еды ($P=1/200$) популяция индивидов с мотивацией «находит» достаточно эффективную стратегию выживания, а популяция без мотиваций вымирает полностью.

Результаты логические и понятные, ведь поведение индивида без мотивации такая: увидев еду - съесть ее, увидев соседа - репродуцироваться с ним, а при отсутствии всего, стоять и ничего не делать (отдыхать), что и приводит индивидов к неминуемой гибели при малом или среднем количестве еды. Когда же у индивида появляется мотивация, в процессе эволюции индивид начинает действовать примерно за такой схемой: мало ресурса - искать еду или отдыхать, много ресурсу - выполнять любые действия. За счет данной схемы популяция выживает намного эффективнее, чем при случае без мотиваций.

Модель «Кузнечик» совмещает в себе и все предыдущие свойства моделей (взаимодействие, учеба и эволюция) и мотивацию, что позволяет наиболее точно и адекватно имитировать деятельность сложных эволюционных систем. Для производственных предприятий это дает возможность экспериментально определить эффективность их деятельности в условиях конкуренции и предварительно заданных параметрах окружающей среды.

Формализация основных составляющих алгоритма моделирования

Чтобы смоделировать эволюции искусственных систем [Ackley, Littman, 1992], [Бурцев, Гусарев, Редько, 2001], [Букатова, 1991] нужно инициализировать жизненное пространство. Для этого введем условные обозначения.

Существует четыре типа элементов:

- производственные предприятия: $PV = \{pv_1, pv_2, \dots, pv_{n_1}\}$ во множественное число подвижных элементов, их свойства: источником энергии E^M являются элементы из множества M ; источником энергии E^R являются элементы из множества R ; источником энергии E^D являются элементы из множества S ; они сами являются источником энергии E^D для элементов из множества R ; имеют способность к размножению;

- трудовой ресурс: $R = \{r_1, r_2, \dots, r_{n_2}\}$ во множественное число неподвижных элементов, их свойства: является источником энергии E^R для элементов из множества PV ;

- ресурс материалов: $M = \{m_1, m_2, \dots, m_{n_3}\}$ во множественное число неподвижных элементов, их свойства: является источником энергии E^M для элементов из множества PV ;

- потребители: $S = \{s_1, s_2, \dots, s_{n_4}\}$ грамм множественное число неподвижных элементов, их свойства: является источником энергии E^D для элементов из множества PV .

Каждый элемент имеет соответствующие атрибуты значения которых изменяется с течением времени:

1. $pv_i (e_{pv_i}^t, e_{pv_i}^D, e_{pv_i}^M, e_{pv_i}^R, e_{pv_i}^P - \text{значение энергии}), i = \overline{1, n_1}$.
2. $r_i (e_{r_i}^t, e_{r_i}^C), i = \overline{1, n_2}$.
3. $m_i (e_{m_i}^t, e_{m_i}^C), i = \overline{1, n_3}$.
4. $s_i (e_{s_i}^t, e_{s_i}^P), i = \overline{1, n_4}$.

Значение энергии E^M показывает количество материалов, которые находятся на предприятии. E^R - количество работников. E^D - количество денежных ресурсов предприятия. E^C - цена на услуги или материалы. E^P - цена на продукцию. E^T - часовая характеристика элемента.

Моделирование функционирования системы разнотипных элементов

Для моделирования искусственной жизни элементов в жизненном пространстве нужно определить связи между ними и параметры, на которые они влияют (Рис.2). Производственные предприятия, взаимодействуя с элементами ресурсов, пополняют запас материалов для производства товаров, отдавая взамен денежный эквивалент полученным ресурсам. Элементы рабочей силы увеличивают количественную характеристику рабочих на предприятиях, забирая определенное количество денежного ресурса от дохода предприятия. Элементы потребителей забирают товары на предприятиях и возвращают определенное количество денег в зависимости от цены на товар и количества товара.

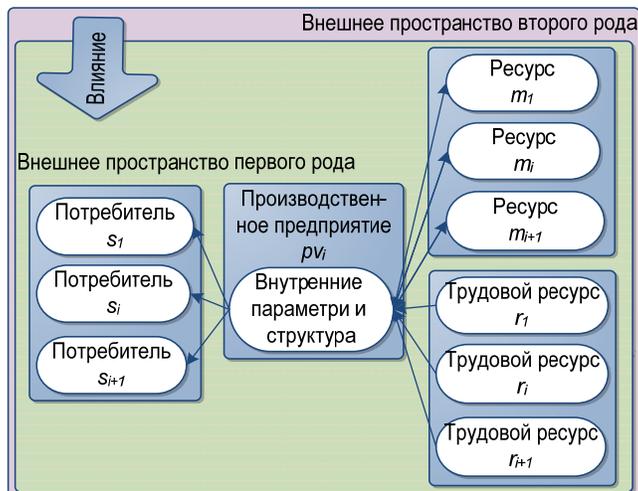


Рис. 2. Схема взаимодействия элементов моделирования

Основные алгоритмические особенности моделирования заключаются в:

1. При взаимодействии элементов из множества PV с элементами множества M его значение энергии E^M увеличивается на значение, что отвечает количеству ресурса за который было заплачено, а значение энергии E^D уменьшиться на соответствующее количество денег.
2. При взаимодействии элементов из множества PV с элементами множества R этот элемент уничтожается, а значение энергии E^R элемента из множества PV увеличиться на 1.
3. При взаимодействии элементов из множества S с элементами множества PV значение энергии E^P этого элемента уменьшиться на значение, которое отвечает количеству купленных товаров за какие было заплачено, а значение энергии E^D увеличивается на соответствующее количество денег.

Выводы

В данной работе проведен обзор моделей с применением концепции ИЖ. Определены преимущества и недостатки каждой модели и предложено осуществить композицию позитивных факторов. На основе этого представлено моделирование эволюции производственных предприятий, что и было целью исследования.

Выполнена формализация основных составляющих алгоритма моделирования, предложены элементы функциональной нагрузки субъектов моделирования.

В дальнейшем планируется определить параметры влияния внешней и внутренней сред и инициализировать их. Также планируется создать «мозг» предприятия по аналогии модели «кузнечик» в виде нейронной сети, который будет определять действия индивида в зависимости от факторов которые на него влияют (внешние и внутренние).

Литература

1. [Самарский, Михайлов, 1997] Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М: Наука, 1997. – С. 320
2. [Емельянов, Курейчик, Курейчик, 2003] Емельянов В. В., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Теория и практика эволюционного моделирования. – М: Физматлит, 2003. – С. 432
3. [Бурцев, 2007] Бурцев М.С. Пасквиль на эволюцию // Философско-методологические проблемы ИИ. Материалы постоянно действующего теоретического междисциплинарного семинара / Под ред. Е.В. Середкиной. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007. – С. 129-143
4. [Yaeger, 1994] Yaeger L. Computational genetics, physiology, metabolism, neural systems, learning, vision, and behavior or Polyworld: Life in a new context. In Langton C.G. (ed). Artificial Life III. – Addison-Wesley, 1994. – P. 263-298.
5. [Ackley, Littman, 1992] Ackley D., Littman M. (1992). Interactions between learning and evolution. // Langton, C. G., Taylor, C., Farmer, J. D., and Rasmussen, S. (Eds.) Artificial Life II. Reading. – MA: Addison-Wesley, 1992. – P. 487-509.
6. [Бурцев, Гусарев, Редько, 2001] Бурцев М.С., Гусарев Р.В., Редько В.Г. Нейросетевая модель эволюционного возникновения целенаправленного адаптивного поведения // Сб. научн. трудов III Всеросс. конф. «Нейроинформатика-2001», часть 1. – М.: МИФИ. – 2001. – С. 153-160.
7. [Букатова, 1991] Букатова И. Л. Эвоинформатика: Теория и практика эволюционного моделирования / И. Л. Букатова, Ю. И. Михасев, А. М. Шаров; АН СССР, Ин-т радиотехники и электрон. – М.: Наука, 1991. – 205 с.

Информация об авторе



Богдан Мысник – аспирант Черкасского государственного технологического университета, город Черкассы, бульвар Шевченка, 460; e-mail: Setne@list.ru

Отрасли научных исследований: информационные технологии проектирования, моделирования искусственных систем, искусственный интеллект.