

**МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ
МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ (ГОРОДА)
В НЕФТЕГАЗОВОМ РЕГИОНЕ РОССИИ**

Белобородова Н.А.

*Институт управления, информации и бизнеса,
г. Ухта, Республика Коми, email: velbest@mail.ru*

В статье предложена технология построения прогнозных моделей роста доходной части местного бюджета, сокращения безработицы, роста доходов населения и снижения уровня бедности на территории города в нефтегазовом регионе РФ. Технология основана на применении классического генетического алгоритма. Анализ и исследование прогнозных моделей позволяют обосновать оптимальные управленческие решения по приоритетам социально-экономического развития муниципального образования (МО) на территории города; на основе анализа моделей могут быть выработаны различные варианты управленческих воздействий на экономику с целью увеличения экономического роста.

Ключевые слова: генетический алгоритм, прогнозирующие модели, прогнозирование оптимальных вариантов роста производства

Постановка задачи

На территории городов в нефтегазовых регионах Российской Федерации сосредоточен мощный и высокоразвитый производственный потенциал предприятий нефтегазового комплекса. Он является “мультипликатором” устойчивого социально-экономического развития республик, областей и др. субъектов Российской Федерации, базой для модернизации и обновления промышленности в стране, создания и развития новых отраслей производства. Несмотря на то, что, муниципальные образования (МО) на территории городов в нефтегазовых регионах страны имеют развитый производственный потенциал, местные власти не могут обеспечить достаточный уровень налоговых поступлений в местные бюджеты, сокращение безработицы, снижение уровня бедности населения. Масштабы бедности, рост безработицы и низкий уровень доходов населения подчиненных территорий – все это свидетельство неэффективности механизма управления применительно к современным условиям развития. Существующие противоречия создают проблемы в обеспечении социально-экономического развития на местном,

локальном уровне и свидетельствуют о необходимости совершенствования механизма управления с учетом особенностей развития региона.

Механизм управления муниципальным образованием представляет совокупность форм, методов, инструментов реализации функций управления с целью создания эффективной экономической базы улучшения качества жизни населения. Стандартный перечень функций управления включает: прогнозирование, планирование, программирование, организацию, регулирование, контроль (мониторинг) [1, 2, 3].

В ходе анализа действующего механизма управления муниципальным образованием на примере МО «Городской округ «Ухта» в Республике Коми, его основных функций, методов и инструментов управления, выявлены серьезные проблемы в управлении МО (городом), ограничивающие его эффективность. Это следующие проблемы управления:

1. не обеспечивается уровень стратегического управления городом:

— стратегические цели и задачи, определяемые нормативными документами, чаще всего, носят декларативный характер и не подкреплены средствами контроля и мониторинга их достижения;

— механизм управления муниципальным образованием направлен на решение текущих социально-экономических проблем города, поэтому основной формой управления МО является оперативное управление, которое используется для решения неотложных и срочных задач. В рамках оперативного управления решаются, главным образом, задачи, связанные с финансовым регулированием, наполнением бюджета;

2. не вырабатываются методы и инструменты воздействия на промышленный комплекс города:

— базовыми, градообразующими отраслями экономики муниципального образования «Городской округ «Ухта» являются отрасли нефтегазового комплекса; они формируют промышленную структуру территории; рост объема производства в базовых отраслях экономики города является «мультипликатором» экономического роста и фактором устойчивого социально-экономического развития территории в целом;

— в настоящее время социально-экономическое развитие города и его составляющих остается нестабильным – в первую очередь, сказывается влияние того фактора, что на территории города размещены предприятия нефтедобычи и нефтепереработки; колебания цен на нефть на мировом рынке сообщают нестабильность социально-экономическому развитию города, в связи с этим, неустойчива и социальная обстановка;

3. неполная реализация управленческих функций – не определены количественно цели перспективного развития муниципального образования; не используются в полной мере возможности прогнозирования и данных мониторинга развития территории, не применяются современные информационные технологии в муниципальном управлении:

— в управлении МО важное место отводится прогнозированию развития муниципального образования – по методике Министерства экономического развития Республики Коми разрабатываются прогнозы, но – для *муниципального сектора* экономики; в то же время хозяйство (экономика) в границах муниципального образования представляет собой совокупность предприятий и организаций различных форм собственности, осуществляющих на территории МО хозяйственную деятельность. Отсутствие прогнозных данных о динамике и перспективах развития производственной сферы экономики муниципального образования *в целом* приводит к тому, что главы муниципальных образований при определении направлений и пропорций распределения бюджетных средств, привлечении и размещении инвестиционных проектов не имеют надежного механизма, позволяющего оценить принятое решение с учетом перспектив развития МО;

4. не учитываются современные особенности развития экономики:

— современная рыночная экономика подвержена постоянно повторяющимся кризисам, которые сопровождаются подрывом финансовой системы, сокращением и спадом в производстве; при этом резко увеличивается безработица, растет инфляция – в то же время, местные власти не имеют инструментов, использование которых могло бы дать информацию о неблагоприятных факторах развития территории;

— в настоящее время Стратегия экономического и социального развития Республики Коми на 2006-2010 гг. и на период до 2015 года диктует реализацию

задачи экономического роста с целью повышения уровня благосостояния и качества жизни населения в каждом муниципальном образовании республики – но инструментов оценки влияния экономического роста на повышение качества жизни населения МО и, в целом, на динамику социальных показателей также не имеется и не разрабатывается в структуре управления МО.

Общий итог перечисленных недостатков – местные власти не обладают видением долгосрочных перспектив развития МО, не знают, сколько и какой продукции необходимо произвести (в том числе, в базовых отраслях экономики города) в текущем году, через год, через два года и т.д., чтобы обеспечить социально-экономическое развитие подчиненной территории; не имеют инструментов для выявления “точек роста” и перспективных производств; не имеют инструментов, использование которых могло бы дать информацию о предвидении неблагоприятных тенденций и факторов развития территории; не имеют инструментов, позволяющих оценить как экономический рост влияет на динамику социальных показателей развития территории.

Управление муниципальным образованием начинается с разработки прогнозов социально-экономического развития, и, как показано в работе, в настоящее время прогнозно-аналитические работы не удовлетворяют требованиям комплексности, достоверности и достаточной глубины прогнозирования, поэтому, прежде всего, необходимо рассмотреть вопросы совершенствования функции управления МО – прогнозирования развития МО.

Можно определить формальную постановку задачи построения прогнозирующей модели в самом общем случае: $F: X \Rightarrow y$, или моделирование зависимости:

$$Y = F(\bar{X}) + \Delta,$$

где Y – выходная величина модели (величина доходной части бюджета муниципального образования (МО), количество человек безработных, величина средней заработной платы и т.д.);

$\bar{X} = [x_1, \dots, x_n]$ – вектор факторов, влияющих на выходную величину модели; F – оператор отображения, функция; Δ – отклонение, характеризующее погрешность прогнозирования.

Современные условия развития, характеризующиеся нестабильностью экономических процессов, неравномерностью темпов развития производства, небольшой продолжительностью, а также неполнотой и противоречивостью знаний о происходящих экономических явлениях, обуславливают поиск и применение адекватных инструментов прогнозирования социально-экономического развития муниципального образования.

Анализ существующих методов прогнозирования показал, что в настоящее время все большее распространение получают методы прогнозирования на основе технологий искусственного интеллекта – аппарата искусственных нейронных сетей (ИНС), нечетких множеств, генетических алгоритмов (ГА).

В данной работе исследованы возможности генетических алгоритмов с целью построения моделей прогнозирования, исследование и использование которых позволяет выявить факторы роста доходной части бюджета муниципального образования, сокращения безработицы и увеличения доходов населения в зависимости от роста или сокращения производства в отраслях экономики МО, а также рассчитать оптимальные “лучшие” (прогнозные) варианты развития производственной сферы экономики, определяющие максимальное значение доходов бюджета МО, сокращение безработицы, рост доходов населения и т.д.

В данной работе рассматривается ГА, в котором совокупность параметров представляется в виде генов, образующих хромосомную нить. Генетический алгоритм поддерживает группу хромосом (популяцию), являющихся претендентами на оптимальное решение. Применяя ряд вероятностных операторов, таких как отбор, скрещивание и мутация, генофонд популяции стремится получить большую пригодность к условиям задачи. Аналогично тому, как в процессе биологического генезиса выживают и развиваются особи, наиболее приспособляющиеся к воздействию некоторых факторов окружающей среды, так и в процессе поиска оптимума прогрессируют те решения, которые наиболее пригодны (оптимальны) к условиям поставленной задачи (целевому критерию). Практически алгоритм представляет собой простые операции обмена и копирования частей хромосомных нитей, легко распараллеливается, и с проблемной областью связан лишь определением функции пригодности.

Классический генетический алгоритм состоит из следующих шагов:

1. инициализация или выбор исходной популяции хромосом;
2. оценка приспособленности хромосом в популяции;
3. проверка условия останова алгоритма;
4. отбор, селекция хромосом;
5. скрещивание;
6. мутация;
7. формирование новой популяции;
8. выбор “наилучшей хромосомы”.

Решением будет наилучший найденный индивид.

Функция пригодности. Функция пригодности используется для характеристики оптимальности решений в ГА. В задаче максимизации более пригодно то решение, которое имеет большее значение целевой функции:

$$F = \varphi,$$

где φ – исходная максимизируемая функция.

Кодировка переменных. Каждая переменная кодируется в двоичном виде и образует один ген. Цепочка из генов образует хромосому. Для примера возьмем хромосомную нить из 2 генов – для переменной X1 и для переменной X2.

Полагая длину каждого гена 16 бит, получим хромосомную нить из 32 нулей и единиц:

$$\underbrace{1000101101110110}_{X1} \underbrace{001100011111101}_{X2}$$

Интерпретация хромосомы следующая. Диапазон десятичных значений, которые можно представить 16 битами, от 0 до 65535 в целых числах. Если перевести целое число в число с плавающей точкой, значение закодированной переменной будет определяться:

$$x_i = \frac{x_i^{\text{код}}}{(65535)} (x_i^{\text{max}} - x_i^{\text{min}}) + x_i^{\text{min}},$$

где $x_i^{\text{код}}$ – десятичное число, соответствующее двоичному коду гена;

$x_i^{\text{max}}, x_i^{\text{min}}$ – диапазон возможных значений переменной.

Генетический алгоритм поддерживает N хромосомных нитей (претендентов на оптимальное решение), образующих популяцию. На каждой итерации производится отбор из популяции наиболее пригодных хромосом и образуются роди-

тельские пары. Применяя оператор скрещивания, ГА воспроизводит новое поколение потомков, наследующих лучшие гены родителей. Для обеспечения необходимого разнообразия генетического материала (исследования новых областей в пространстве поиска) использован оператор мутации. В ходе отбора выживают те хромосомы, которые имеют большую пригодность. Хромосомы с меньшей пригодностью отмирают и в воспроизводстве потомков не участвуют. Вероятность отбора пропорциональна пригодности:

$$P_i^{\text{отбора}} = \frac{F_i}{\sum_{j=1}^N F_j}$$

В ходе скрещивания точка скрещивания определяется случайным образом. Далее производится обмен цифрами либо справа, либо слева от этой точки с другой разделенной подобным образом хромосомой. Например, пусть $N1$ и $N2$ – две хромосомы, образующие родительскую пару:

$N1 = 100011101110010010100101100011;$

$N2 = 01110010101000111101111110001.$

Точка скрещивания $\text{-----}\uparrow$

Полагая точку скрещивания как показано выше, и, считая, что обмен выполняется справа, получим два потомка:

$N1^{\text{II}} = 10001110111001001010111110001;$

$N2^{\text{II}} = 011100101010001111010101100011.$

Мутация – это случайный процесс изменения значения некоторой позиции в хромосоме. Если мы имеем хромосому

$N1^{\text{II}} = 10001110111001001010111110001,$

мутация $\text{-----}\uparrow$

то после мутации в 9-й позиции она приобретет вид:

$N1^{\text{II}} = 10001110011001001010111110001.$

В результате действия операторов отбора, скрещивания и мутации реализуется направленный поиск с элементами “случайных блужданий”. Каждое последующее поколение наследует лучшие признаки предыдущего в направлении движения в сторону оптимума и, в конечном счете, образуется некоторое подмножество точек, отклонение от целевой функции для которых минимально.

Схема нахождения оптимального (“лучшего”) варианта развития производственной сферы экономики, обеспечивающего положительную динамику доходов в местный бюджет, доходов населения, сокращения безработицы и т.д. на примере города Ухты с использованием ГА следующая (рис. 1).

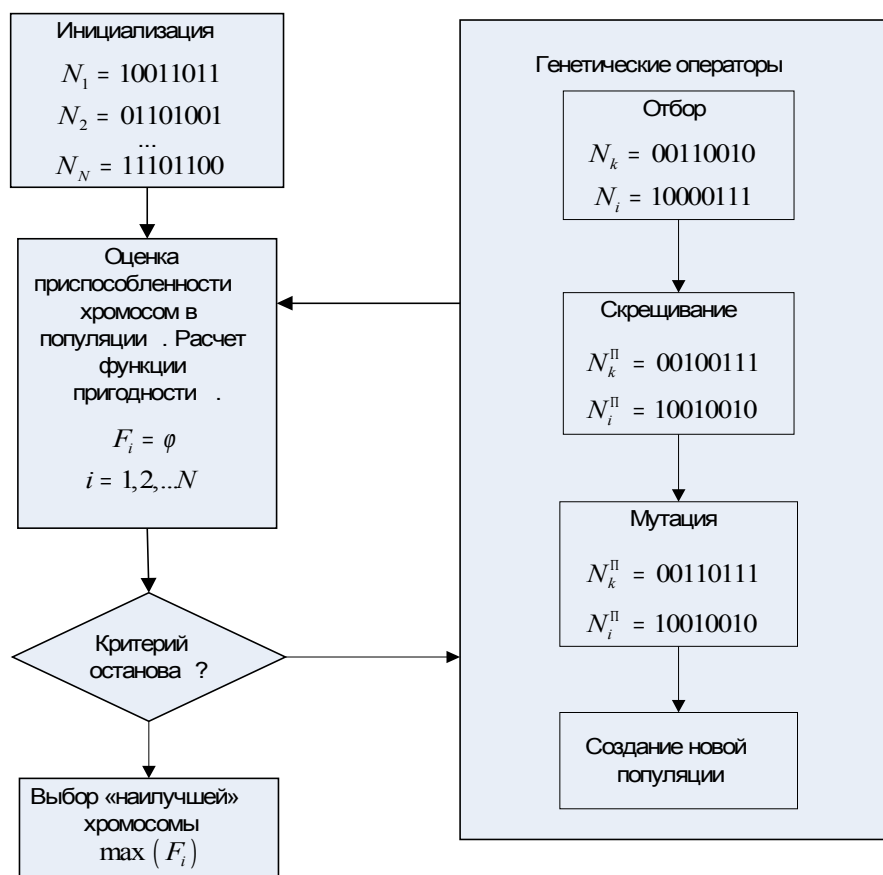


Рисунок 1 Блок-схема алгоритма нахождения оптимального (“лучшего”) варианта развития производственной сферы экономики города, обеспечивающего положительную динамику ключевых показателей развития

Описание операций алгоритма.

1. *Инициализация.* Генерируем случайную начальную популяцию из N бинарных хромосом.

2. *Оценивание приспособленности хромосом в популяции.* Расчет функции пригодности. Находим значение выбранной целевой функции для каждой хромосомы в соответствии с выбранной оценкой и функцию пригодности.

3. *Воспроизводство.* Выполняем шаги 3.1 - 3.4, пока не создадим новую популяцию из N хромосом.

3.1. *Отбор, селекция.* С вероятностью $P_i^{отбора}$ отбираем из популяции две родительские хромосомы.

3.2. *Скращивание.* С вероятностью скрещивания $P_{скр.}$ определяем, выполнять операцию скрещивания или нет. Если да, то выполняется обмен случайными позициями. В обоих случаях хромосомы переводятся в разряд потомков.

3.3. *Мутация.* С вероятностью мутации P_m меняем у хромосом-потомков случайно выбранный бит.

3.4. *Создание новой популяции.* Формируем новую популяцию, применяем элитизм.

4. *Повторение.* Переходим на п. 2 и повторяем процесс до выполнения некоторого условия окончания действия алгоритма.

5. *Выбор “лучшей” хромосомы.*

Подробнее о ГА можно найти в [4, 5, 6, 7].

Для отладки технологии решения задачи использовались ретроспективные статистические данные социально-экономического развития муниципального образования “Городской округ “Ухта” (МО ГО) за 2005 - 2006 гг.

Этапы построения моделей прогнозирования

Этап I. Предобработка данных. Основное содержание этапа – формирование системы показателей, определяющих увеличение доходов в бюджет города, сокращение безработицы и увеличение средней заработной платы, которые будут подвергнуты моделированию – была использована технология, предложенная в [1, 2, 3, 8, 9, 10].

На основании нормативных документов определены показатели, характеризующие производство в МО “Городской округ “Ухта” с учетом выпуска основных видов продукции. В табл. 1 приводятся наименование этих показателей, а также перечень переменных, поставленных в соответствие каждому показателю, значение которых изменяется с окончанием очередного периода; каждый показатель из данного списка может рассматриваться как фактор роста доходной части бюджета МО ГО, сокращения безработицы, роста заработной платы.

Таблица 1

Кодирование переменных

Показатель	Наименование переменной
доход в бюджет	Y_1
безработица	Y_2
заработная плата	Y_3
добыча нефти	X_1
производство бензина автомобильного	X_2
производство дизельного топлива	X_3
первичная переработка нефти	X_4
производство мазута	X_5
производство пиломатериалов	X_6
производство стеновых материалов	X_7
производство электроэнергии	X_8
производство теплоэнергии	X_9
производство мяса и мясопродуктов АПК	X_{10}
производство хлеба и хлебобул. изделий АПК	X_{11}
производство молока и мол. продуктов АПК	X_{12}
производство скота и птицы: сельское хоз-во	X_{13}
производство молока: сельское хоз-во	X_{14}
капитальные вложения в производственную сферу	X_{15}
производство услуг	X_{16}

Согласно постановке задачи Y_1, Y_2, Y_3 – показатели, характеризующие рост доходов в бюджет МО, сокращение безработицы, рост заработной платы. Y_1 представлен в денежном выражении; Y_2 – число зарегистрированных безработных, чел., Y_3 – представлен также в денежном выражении; Y_1, Y_2, Y_3 рассматриваются как зависимые переменные от тех переменных, которые обозначены через X_i и характеризуют производство основных видов продукции в натуральном выражении.

Обработка данных включает последовательность следующих вычислительных процедур:

- исчисление прироста показателя $Y(Y_1, Y_2, Y_3)$ за анализируемый период;
- определение пороговых значений показателя $Y(Y_1, Y_2, Y_3)$;
- преобразование абсолютных значений показателя $Y(Y_1, Y_2, Y_3)$ к бинарному виду (квантование показателей, бинаризация) на основе расчетных пороговых значений;

— преобразование абсолютных значений каждого показателя X_i к бинарному виду (квантование, бинаризация) на основе рассчитанных пороговых значений;

— определение количества ошибок на классифицированной последовательности $Y (Y_1, Y_2, Y_3)$ путем сравнения значений каждого X_i с данными $Y (Y_1, Y_2, Y_3)$ за анализируемый период;

— определение списка факторов роста производства, обеспечивающих доходность бюджета, сокращение безработицы, рост заработной платы путем выявления тех показателей, которые имеют наименьшее количество ошибок на классифицированной последовательности данных $Y (Y_1, Y_2, Y_3)$ за анализируемый период.

В результате выполнения процедур предобработки данных выявляются те показатели X_i , которые влияют на рост $Y (Y_1, Y_2, Y_3)$, т.е. определяют значение “1”, таким образом, формируется совокупность факторов производства, определяющих рост доходов бюджета, сокращение безработицы, рост заработной платы.

Этап II. Прогнозное моделирование роста доходов в местный бюджет города, сокращения безработицы и роста доходов населения. Второй этап предполагает построение моделей роста доходов в бюджет МО, сокращения безработицы и роста доходов населения на основе ГА и с учетом значимых факторов производства.

Модель роста доходов в бюджет муниципального образования

Согласно расчетам этапа предобработки данных совокупность показателей, определяющих рост доходов бюджета МО ГО в анализируемом периоде, представлена переменными X_7, X_8, X_{13}, X_{16} , это: производство стеновых материалов, производство электроэнергии, производство скота и птицы в сельском хозяйстве, производство услуг.

Для нахождения оптимального (“лучшего”, прогнозного) варианта развития производственной сферы экономики, обеспечивающего устойчивый рост доходов в бюджет МО, используем генетический алгоритм [5, 7].

В результате применения операций генетического алгоритма были получены следующие расчетные результаты.

“Наилучший” вариант развития производства, который обеспечивает максимально возможный доход в бюджет МО, был получен в 10-м поколении популяции:

- производство стеновых материалов $X_7 = 1,02$ млн. шт. условного кирпича;
- производство электроэнергии $X_8 = 2,94$ млн. кВт. ч.;
- производство скота и птицы в сельском хозяйстве $X_{13} = 346,49$ центнеров;
- производство услуг $X_{16} = 359,38$ млн. руб.,
- при этом прогнозируемый доход в бюджет МО $Y = 259888,83$ тыс. руб.

Согласно статистическим данным, максимальный доход в бюджете МО (фактически) в анализируемом периоде составил 268786 тыс. рублей, относительная погрешность расчетов составляет 3.4 %.

Модель сокращения безработицы

Согласно расчетам этапа предобработки данных совокупность показателей, определяющих сокращение безработицы в анализируемом периоде, представлена переменными X_2 , X_7 , X_{15} , X_{16} , это следующие факторы: производство бензина, производство стеновых материалов, инвестиции в производственную сферу, производство услуг.

Для нахождения оптимального (“лучшего”) варианта развития производственной сферы экономики, обеспечивающего сокращение безработицы на территории МО, используем генетический алгоритм. Расчеты с использованием генетического алгоритма дали следующие результаты.

Оптимальный вариант развития экономики муниципального образования ГО “Ухта” с точки зрения сокращения безработицы определяется объемом производства в следующих отраслях производства:

- производство бензина $X_2 = 31,929$ тыс. тонн ежемесячно;
- производство стеновых материалов для строительства $X_7 = 2,262$ млн. усл. кирпича ежемесячно;

— инвестиции в производственную сферу экономики $X_{15} = 54021.276$ млн. руб. ежемесячно;

— производство услуг $X_{16} = 342,825$ млн. руб. ежемесячно.

При этом прогнозируемое (расчетное) значение числа безработных на территории МО снизится до 113 человек.

Согласно статистическим данным, минимальное количество безработных в анализируемом периоде фактически составляет 114 чел. в месяц, относительная погрешность расчетов составляет 0.28 %.

Модель роста доходов населения

В результате выполнения процедур предобработки данных выявляются те показатели X_i , которые определяют рост Y (т.е. определяют значение “1”); формируется совокупность факторов производства, определяющих рост доходов населения на территории МО (показатель средней заработной платы работающего населения). Согласно расчетам совокупность показателей, определяющих рост доходов населения в анализируемом периоде, представлена переменными X_3 , X_4 , X_7 , X_{14} , это: производство дизельного топлива, первичной переработки нефти, производство стеновых материалов, производство молока в сельском хозяйстве.

Расчеты по полученной модели с использованием генетического алгоритма дали следующие результаты.

Оптимальный вариант развития экономики муниципального образования ГО “Ухта” с точки зрения роста доходов населения определяется объемом производства в следующих отраслях экономики:

— производство дизельного топлива $X_3 = 104,87$ тыс. тонн ежемесячно;

— первичная переработка нефти $X_4 = 62,14$ тыс. тонн ежемесячно;

— производство стеновых материалов для строительства $X_7 = 2,51$ млн. усл. кирпича ежемесячно;

— производство молока в сельском хозяйстве $X_{14} = 4953,55$ т. ежемесячно;

При этом прогнозируемое значение роста доходов населения (средняя заработная плата) 346,93 руб. ежемесячно.

Согласно статистическим данным, максимальное значение роста средней заработной платы в анализируемом периоде составил 347 руб. в месяц, относительная погрешность расчетов составляет 0,06 %.

Технология прогнозного моделирования реализована с использованием автоматизированных средств для построения моделей развития МО.

Заключение

Таким образом, предлагаемая технология прогнозного моделирования с использованием ГА, позволяет определить оптимальные варианты роста производства в экономике муниципального образования с точки зрения роста доходной части бюджета МО, сокращения безработицы и роста доходов населения. Она способствует повышению достоверности и объективности прогнозов социально-экономического развития МО, обоснованности решений в выборе приоритетов развития.

Литература

1. Белобородова Н.А. Модели прогнозирования развития экономики муниципального образования “Город Ухта” с использованием нейронных сетей: Материалы научно-технической конференции, 16-18 апреля 2001 г. / УГТУ. Ухта, 2002. – С. 176-180
2. Белобородова Н.А. Методика и модели прогнозирования развития экономики муниципального образования “Город Ухта”/ УГТУ. Ухта, 2002. – 50 с.
3. Белобородова Н.А. Модели прогнозирования роста производства с использованием нейронных сетей // Известия вузов. Сер. Нефть и газ. 2002. № 4. С. 110-117.
4. Джонс М.Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях / Пер. с англ. А.И. Осипова. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 312 с.
5. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы, нечеткие системы / Пер. с польск. – И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.

6. Усков А.А., Кузьмин А.В. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 143 с.
7. Емельянов В.В., Курейчик В.М., Курейчик В.В. Теория и практика эволюционного моделирования. – М.: Физматлит, 2003. – 432 с.
8. Щетинин В.Г. Анализ факторов экономического роста региона // Вопросы статистики. 1996. № 3. С. 40-46.
9. Щетинин В.Г., Костюнин А.В. Принятие решений на нейронных сетях оптимальной сложности // Автоматизация и современные технологии. 1998. № 4. С. 38-43.
10. Щетинин В.Г. Самоорганизация минимальной нейронной сети // Нейроинформатика и ее приложения: Тезисы докладов III всероссийского семинара. – Красноярск: СО РАН, 1996. С. 103-104.