

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ В ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЯХ

Рассматриваются основные понятия генетических алгоритмов и обсуждается возможность их использования в агентных моделях для решения задач анализа экономики.

Basic concepts of genetic algorithms are considered. Potential of using genetic algorithms in agent-based models is discussed.

Ключевые слова: генетический алгоритм; агентное моделирование; имитационное моделирование; кроссовер; фитнес-функция.

Key words: genetic algorithm; agent modeling; simulation; crossover; fitness function.

Глобализация и интернационализация экономики, а также появление мирового информационного пространства в результате возникновения и развития глобальных компьютерных сетей значительно усложняют процессы, протекающие в экономических системах. Развитие экономической науки идет по пути пересмотра многих, в том числе ключевых положений классической экономической теории. Теорема о невозможности коллективного выбора Кеннета Эрроу, парадокс Кондорсе, теория растущей доходности Брайана Артура и другие работы современных ученых поколебали теорию равновесия между спросом и потреблением и продемонстрировали множество сложных и непредсказуемых эффектов, которые возникают в современном обществе.

Исследование системного эффекта в условиях изменения поведения отдельных индивидов эффективно и наглядно может быть реализовано с помощью метода агентного моделирования. Агентное моделирование – это современный вид имитационного моделирования, реализующий принцип анализа «снизу вверх». Имитационная модель в этом случае представляет собой программу поведения отдельного индивида (агента), реализующуюся в специальной среде, позволяющей задавать большое количество этих агентов, реализовать их взаимодействие и предоставляющей средства измерения и визуализации системных эффектов.

Немаловажную роль в исследовании системы агентов играет возможность наблюдать развитие системы во времени. Поэтому совершенно естественным представляется использование генетических алгоритмов, позволяющих моделировать эффекты развития, адаптации и обучения в рамках использования агентных моделей.

Генетические алгоритмы и генетическое программирование – это методика применения механизма биологической эволюции к задачам проектирования и анализа в различных сферах познавательной деятельности человека. Генетические алгоритмы рассматривают процесс при-

обретения индивидами определенных полезных свойств как процесс «приспособления» в результате повторения циклов отбора и размножения особей, обладающих зачатками таких свойств.

Генетические алгоритмы работают с совокупностью особей – популяцией, где каждая особь может интерпретироваться как возможное решение проблемы. Особь представлена последовательностью символов (генотипом, или хромосомой). Каждый символ в коде хромосомы назовем геном. Каждой хромосоме можно поставить в соответствие определенное значение, которое назовем функцией приспособленности (фитнесс-функцией). Фитнесс-функция является аналогом фенотипа конкретной особи в биологии.

Основными элементами генетических алгоритмов являются:

1. Генерация начальной популяции хромосом. Обычно начальная популяция генерируется случайным образом. При этом лучше всего использовать равномерный закон распределения для повышения скорости сходимости алгоритма.

2. Селекция – механизм выбора особей с наилучшей приспособленностью для воспроизводства.

3. Генетические операции, позволяющие переходить к следующему поколению особей. К генетическим операциям относятся кроссовер (скрещивание), мутация и инверсия.

Селекция основана на сравнении фитнес-функции особей. Выделяют следующие виды селекции:

- случайная селекция, где особи выбираются с вероятностью пропорциональной их приспособленности;
- турнирная селекция, где учитывается только иерархия приспособленности особей, а не ее значение;
- селекция усечением, где особи сортируются по убыванию значения фитнес-функции, а затем выбираются первые M особей для размножения.

Выбор алгоритма селекции весьма серьезно влияет на скорость сходимости процесса решения. Например, турнирная селекция не требует затрат времени на вычисление фитнес-функции, что ускоряет процесс решения при большой размерности задачи. Однако при этом высока вероятность схождения процесса к локальному, а не к глобальному экстремуму.

Одним из возможных модификаций алгоритма селекции является «элитарная» селекция, которая предполагает, что лучшие индивиды переходят в следующее поколение. Таким образом, приспособленность «лучших» особей не уменьшается со сменой поколений (если только не изменяется окружающая среда, относительно которой рассчитывается фитнес-функция). Однако преждевременное использование «элитарной» селекции также может привести к локальному экстремуму и срочному завершению алгоритма.

Рассмотрим основные генетические операции.

Кроссовер (скрещивание) – это аналог биологического размножения, в котором особь следующего поколения (потомок) получается в результате комбинации фрагментов хромосом двух родителей (особей предыдущего поколения). Среди методов скрещивания выделяют:

1. Одноточечный кроссовер, т. е. случайным образом выбирается точка разрыва (место между генами хромосомы). Обе родительские хромосомы разрываются на два сегмента, и соответствующие сегменты родителей склеиваются. В результате получаются два генотипа потомков (в некоторых алгоритмах может использоваться только один из полученных генотипов). Этот тип скрещивания проиллюстрирован на рисунке 1.

2. N -точечный кроссовер, т. е. выбираются несколько точек разрыва хромосом. В остальном же этот вид скрещивания аналогичен одноточечному кроссоверу.

3. Однородный кроссовер, т. е. значение каждого гена в хромосоме потомка определяется случайным образом на основе генов родителей. Для этого задается вероятность p_0 , с которой на эту позицию попадает ген первого родителя (а в противном случае туда записывается ген второго родителя).

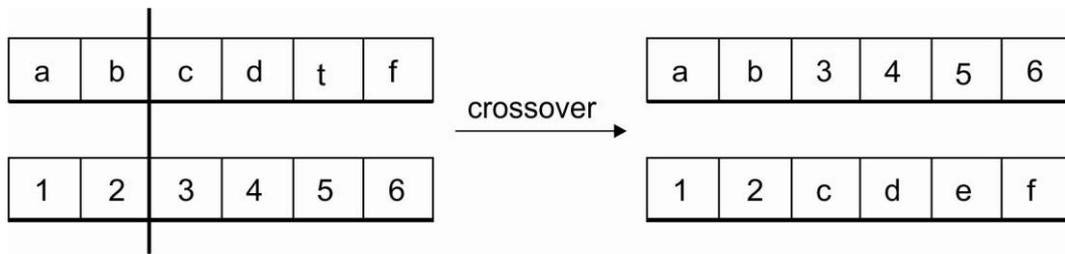


Рисунок 1 – Одноточечный кроссовер

Мутация – это случайные изменения одного гена в хромосоме (рисунок 2). Мутация необходима для «выбивания» популяции из локального экстремума и способствует защите от преждевременной сходимости. Позиция мутирующего гена выбирается случайно. В некоторых алгоритмах мутации задействованы не один, а несколько генов.



Рисунок 2 – Мутация

Инверсия – изменение порядка следования частей хромосомы. Случайным образом выбирается точка разрыва (участок между соседними генами). Обе части родительской хромосомы, разорванные в этой точке, меняются местами и склеиваются (рисунок 3). Операция инверсии достаточно редко используется в генетических алгоритмах.



Рисунок 3 – Инверсия

В общем случае генетический алгоритм включает следующие шаги:

- случайным образом сгенерировать генотипы (хромосомы) исходной популяции;
- рассмотреть основные понятия генетических алгоритмов и обсудить возможность их использования в агентных моделях для решения задач анализа экономики;
- рассчитать величину приспособленности (значение фитнес-функции) для каждой особи популяции;
- выбрать особи для воспроизводства согласно алгоритму селекции;
- сгенерировать следующее поколение особей, используя генетические операторы;
- проверить условие завершения алгоритма, если сходимость не достигнута, то вернуться на шаг 2.

Процесс завершается, если появится особь с приемлемым значением приспособленности, либо будет сгенерировано заранее заданное число поколений. Возможны различные модификации этого алгоритма. Например, для размножения могут использоваться все особи поколения, а селекция выполняется уже после воспроизводства.

К настоящему моменту реализовано достаточно большое количество примеров применения генетических алгоритмов для решения математических задач: поиск экстремума функции [1], решение Диофантовых уравнений [2], задачи коммивояжера [3]. В области искусства – это генерация музыкальных произведений или текстов на основе базовых образцов [3], формирование дизайна приборов и устройств. Генетические алгоритмы активно применяются в робототехнике, компьютерных играх, обучении нейронных сетей, создании моделей искусственной жизни, составлении расписаний, оптимизации запросов к базам данных, поиске оптимальных маршрутов.

В сфере анализа экономики существуют примеры реализации генетического программирования торговых стратегий [4], применения этого метода для целей прогнозирования [5], оценки рисков инновационных проектов [6] и многое другое.

Примеров использования генетических алгоритмов в агентно-ориентированных моделях пока не слишком много. Среди них модель робота-уборщика, который находит свой путь в убираемой комнате с помощью реализации генетического алгоритма. Модель реализована в среде NetLogo. Также следует упомянуть реализованные в среде Swarm модель Киркпатрика (модель полового отбора), модель дилеммы заключенного и модель искусственной жизни. Однако эти агентные модели носят скорее демонстрационный характер и не решают конкретных практических задач. Предлагается использовать генетические алгоритмы в агентных моделях сотрудничества с целью более адекватного отображения процесса изменения отношения индивидов к кооперации и взаимодействию.

Список использованной литературы

1. **Блог** по программированию Елены Вставской [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://prog-cpp.ru/genetic>. – Дата доступа : 14.01.2017.
2. ХабрХабр – ресурс для IT-специалистов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://habrahabr.ru/post/128704>. – Дата доступа : 14.01.2017.
3. **Hitoshi, I.** Agent-Based Modeling and Simulation with Swarm / I. Hitoshi. – USA : CRC Press, Taylor&Francis Group, 2013. – 297 p.
4. **Блог** Джона Кинли [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://jonathankinlay.com/2014/06/developing-trading-strategies-with-genetic-programming>. – Дата доступа : 14.01.2017.
5. **Гречин, С. Б.** Применение генетического программирования для прогнозирования состояний нефтехимических предприятий / С. Б. Гречин, Ю. В. Трифонов // Рос. экон. интернет-журнал [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://e-rej.ru/publications/117/%D0%93>. – Дата доступа : 14.01.2017.
6. **Кошов, В. В.** Применение генетического алгоритма при оценке рисков инновационных проектов / В. В. Кошов, О. В. Горячева // Рос. предпринимательство [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://bgscience.ru/lib/6494>. – Дата доступа : 14.01.2017.