
МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ СОЦИАЛИЗИРОВАННЫХ АГЕНТОВ В ANYLOGIC**М.В. Киселева, И.О. Гайдай (Екатеринбург)**

В существующих моделях взаимодействия агентов реализуется в основном нормативное (автоматное) поведение автономных адаптивных агентов. Имеются также подходы к развитию моделей интеллектуальных и когнитивных свойств агентов [1-4]. Дальнейшее развитие в этой области связывают с моделированием подражательного, ролевого и ситуативного поведения, что должно обеспечить усиление деятельности коллектива агентов по решению общей задачи. В данной работе существенно повышен уровень сложности поведения агентов за счет рассмотрения кооперативных отношений и их влияния на приспособляемость и выживаемость агентов.

В основе модели имитируются эволюционные процессы некоторой гипотетической популяции агентов. Агенты могут объединяться в группы для распределения задач и повышения эффективности действий, а также приспособляться под меняющиеся условия внешней среды. Агенты обладают естественными потребностями и ресурсами, необходимыми на их удовлетворение. В число потребностей входят: потребность в еде, размножении, безопасности. Потребляемая еда является конечным ресурсом и обладает константным темпом прироста. При размножении половина ресурса агента отдается потомку. Агенты могут умереть в результате недостатка пищи, случайных происшествий или от старости.

Описание модели

Модель представляет собой множество агентов, живущих в непрерывной среде. Среда и каждый агент обладают состояниями, разница между которыми характеризует приспособленность агента к среде. Приспособленность агента влияет на вероятность умереть от случайных событий и на вероятность успешной охоты. Состояние среды можно изменять в процессе моделирования.

Каждый агент обладает определенным ресурсом, который пополняется в результате потребления пищи. Все действия агента требуют определенного расхода ресурса. Например, для удовлетворения потребности в еде все агенты устраивают «охоту», при этом тратят некоторое количество ресурса и получают случайное количество пищи.

С заданной периодичностью каждый агент выполняет действие размножения. При каждом размножении образуется один потомок агента, который случайным образом получает состояние, отличающееся от родительского на некоторую величину. Величина мутации имеет нормальное распределение и может изменяться в процессе проигрывания модели. Потомку отдается заданная часть ресурса родителя. Размножение не производится, если уровень ресурса слишком низок – это грозит агенту смертью.

В процессе жизнедеятельности популяция агентов перемещается с целью поиска пищи и ухода от опасности. Физически близко расположенные агенты могут объединяться в группы под руководством лидера. Расстояние, на котором агенты могут объединяться в группы, характеризует размер группы. Любой агент, не входящий в состав группы, может стать лидером через случайное время. Эта величина характеризует уровень коммуникабельности агентов и их способность образовывать группы. Лидер объединяет близко расположенных к нему агентов в единую группу. Внутри существующих групп могут образовываться новые группы, имитируя отчуждение отдельных агентов или желание агента создать собственную группу.

Агенты, находящиеся в группе, могут распределять свои задачи и действовать сообща для удовлетворения общих потребностей (например, потребности в еде). «Добыча»

поровну делится между каждым членом группы. Вероятность успешной охоты зависит от приспособленности лидера. При смерти лидера группа распадается и может разделиться на несколько отдельных групп, или ее участники могут примкнуть к другим группам.

Смерть агента может наступить по трем причинам: по истечении времени жизни (время жизни является случайной величиной); в результате воздействия случайных факторов (с заданной интенсивностью в мире возникают опасные ситуации, которые могут привести к смерти одного или нескольких агентов); в результате полного расхода ресурса.

Для реализации модели была использована система имитационного моделирования AnyLogic. Создание стандартной агентной модели в AnyLogic заключается в объявлении двух активных классов объектов: Main и Person. Класс Main служит для описания высокоуровневого объекта, где содержатся все агенты, среда обитания агентов, средства управления. Класс Person служит для описания агента нижнего уровня. Необходимое число агентов включается в основной класс Main как экземпляры класса Person.

На рис. 1 показан вид главного класса Main разработанной модели.

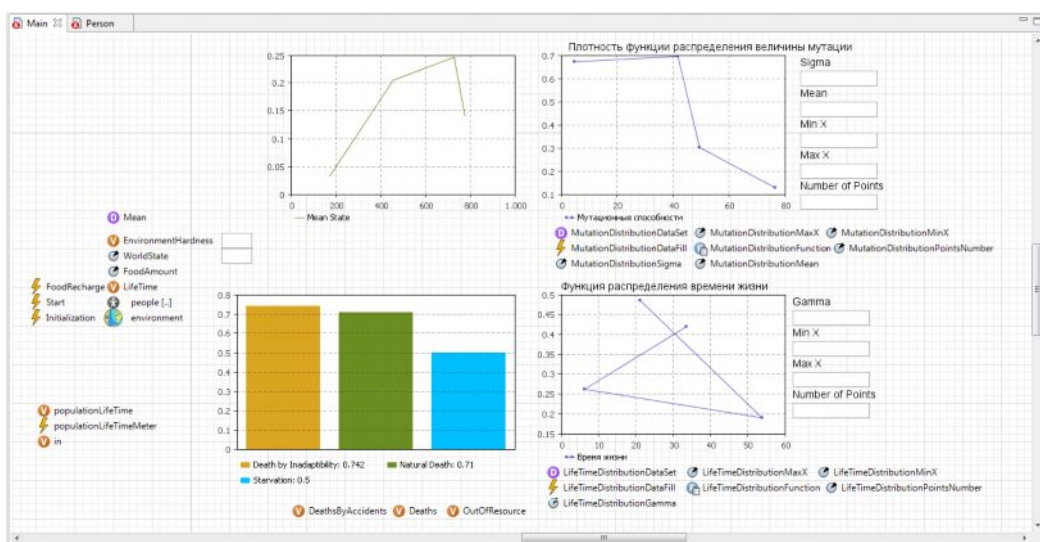


Рис. 1. Вид диаграммы класса Main

На диаграмме главного класса расположены следующие элементы:

1. Mean – статистика среднего состояния живых агентов.
2. EnvironmentHardness – жесткость среды. Влияет на величину штрафов для агентов с неподходящим состоянием.
3. WorldState – состояние среды.
4. FoodAmount – количество пищи в мире на данный момент.
5. LifeTime – CustomDistribution, распределение времени жизни агента. Инициализируется соответствующей табличной функцией.
6. People[...] – массив агентов.
7. Environment – среда, тип пространства – непрерывное.
8. Временной график среднего значения состояний живых агентов.
9. Столбиковая диаграмма смертей по типам (слева направо): смерть от неприспособленности/случайная смерть (понятия связаны, так как приспособленность напрямую влияет на вероятность случайной смерти), естественная смерть, голодная смерть.
10. График плотности функции распределения величины мутации – отображает плотность функции распределения величины отклонения состояния потомка от состояния

родителя. Величина распределена нормально. `MutationDistributionDataSet` – набор данных, хранит значения функции. `MutationDistributionDataFill` – событие, запускается вручную на старте и при каждом изменении какого-либо параметра распределения. Осуществляет расчет значений функции и обновление соответствующих переменных. `MutationDistributionFunction` – табличная функция, использующая `MutationDistributionDataSet` в качестве источника данных.

11. График функции распределения времени жизни агента. Время жизни агента имеет экспоненциальное распределение. Все параметры и функции являются аналогичными вышерассмотренным.

12. `FoodRecharge` – событие, управляет накоплением еды в мире. Срабатывание – циклическое.

13. `Start` – событие, добавляет первого человека в модель. Срабатывание – единичное.

14. `Initialization` – событие, производит инициализацию модели. Срабатывание – единичное, время первого срабатывания – 0. Код события:

```
MutationDistributionDataFill.restart();
```

```
LifeTimeDistributionDataFill.restart();
```

На рис. 2 показана диаграмма класса `Person`. Поведение агента описывается с помощью диаграммы состояний (statechart) и параметров.

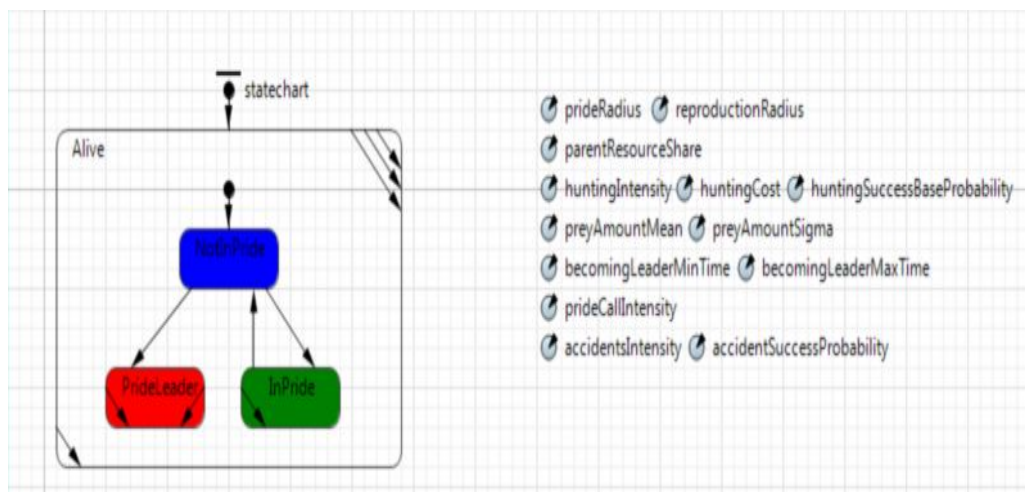


Рис. 2. Вид диаграммы класса `Person`

Диаграмма состояний (statechart) агента состоит из 3 простых, 1 общего сложного состояния и переходов между ними. Переход агента из одного состояния в другое происходит либо с заданной вероятностью, либо при выполнении условия, либо при получении сообщения. При переходе в новое состояние выполняется код, характеризующий действие агента.

Простые состояния:

`NotInPride` (синее) – агент недавно родился и еще не определился, станет ли он лидером новой или присоединится к существующей группе.

`InPride` (зеленое) – агент является членом группы. Состояние имеет внутренний переход: `PreyShare` – агент получает часть добычи.

PrideLeader (красное) – агент является лидером группы. Состояние имеет внутренние переходы: Call – агитация ближайших агентов к присоединению к группе, которую возглавляет этот агент; Hunting – объявление начала охоты.

Переходы между состояниями:

ToPride (от синего к зеленому) – присоединение агента к существующей группе.

OutOfPride (от зеленого к синему) – выход агента из группы. Происходит в случае смерти лидера.

ToPrideLeader (от синего к красному) – агент принял решение создать собственную группу.

Alive – общее сложное состояние, содержащее общие переходы, которые действуют независимо от активного простого состояния агента. Общие переходы: Reproduction – отвечает за создание потомков агента; DeathByAccident – смерть в результате несчастного случая; OutOfResource – смерть в результате полного расхода ресурса; Death – естественная смерть.

Параметры агента:

1. PrideRadius – максимальное расстояние от лидера группы (размер группы). Характеризует способность агентов создавать группы большого размера.

2. Ризует миграцию популяции.

3. ParentResourceShare – доля ресурса родителя при размножении. Характеризует выживаемость потомства.

4. HuntingIntensity – частота охоты. Характеризует потребность агента в еде.

5. HuntingCost – количество ресурса, необходимого для охоты. Характеризует сложность добычи пищи в текущей среде.

6. HuntingSuccessBaseProbability – вероятность нахождения добычи. Изменяется под действием степени приспособленности агента к текущей среде. Характеризует сложность выслеживания добычи.

7. PreyAmountMean, preyAmountSigma – параметры нормального распределения количества добычи. Характеризует разнообразие рациона агента.

8. BecomingLeaderMinTime, becomingLeaderMaxTime – границы диапазона равномерного распределения величины времени принятия решения на создание собственной группы. Характеризует степень социальности агентов и готовности состоять в группе.

9. PrideCallIntensity – интенсивность агитирования агентов к вступлению в группу, возглавляемую данным агентом. Характеризует степень социальности агентов.

10. AccidentsIntensity – интенсивность возникновения неблагоприятных факторов. Характеризует враждебность среды.

11. AccidentSuccessProbability – вероятность смертельного исхода в результате воздействия неблагоприятных факторов.

Результаты моделирования

В ходе проведения экспериментов изучалось поведение агентов и осуществлялся подбор параметров модели. Естественное адаптивное поведение агентов наблюдалось при следующих параметрах. Параметры распределения времени жизни агента принимали значения: LifeTimeDistributionMaxX = 10; LifeTimeDistributionGamma=1; LifeTimeDistributionMinX=0; LifeTimeDistributionPointsNumber=20. Параметры распределения величины мутации принимали значения: MutationDistributionMaxX = 3; MutationDistributionMinX=–3; MutationDistributionSigma=1; MutationDistributionMean=0; MutationDistributionPointsNumber = 40. Количество еды в начальный момент времени FoodAmount = 100. Каждый такт модельного времени количество еды увеличивалось на величину, равную 50. Состояние мира WorldState в начальный момент времени принималось равным 1. Максимальное расстояние от лидера группы (размер группы) prideRadius = 50. Расстояние, в

пределах которого появлялся потомок агента, $reproductionRadius = 50$. Частота охоты $huntingIntensity = 1$. Вероятность успешной охоты $huntingSuccessBaseProbability = 0,9$. Расход ресурса агента для охоты $huntingCost=0,1$. Границы диапазона равномерного распределения величины времени принятия решения на создание собственной группы составили $becomingLeaderMinTime = 1$, $becomingLeaderMaxTime = 3$. Среднее количество добычи $preyAmountMean = 6$. Интенсивность агитирования агентов для вступления в группу $prideCallIntensity = 2$. Интенсивность возникновения неблагоприятных факторов $accidentsIntensity = 0,1$ и вероятность смертельного исхода в результате воздействия неблагоприятных факторов $accidentSuccessProbability = 0,001$.

На рис. 3 представлены результаты эксперимента с моделью при изменении состояния мира ($WorldState = 5$). На графике видно, что состояние агентов ($Mean State$) держится вблизи состояния мира ($WorldState$). Таким образом, агенты могут приспосабливаться к новым условиям.

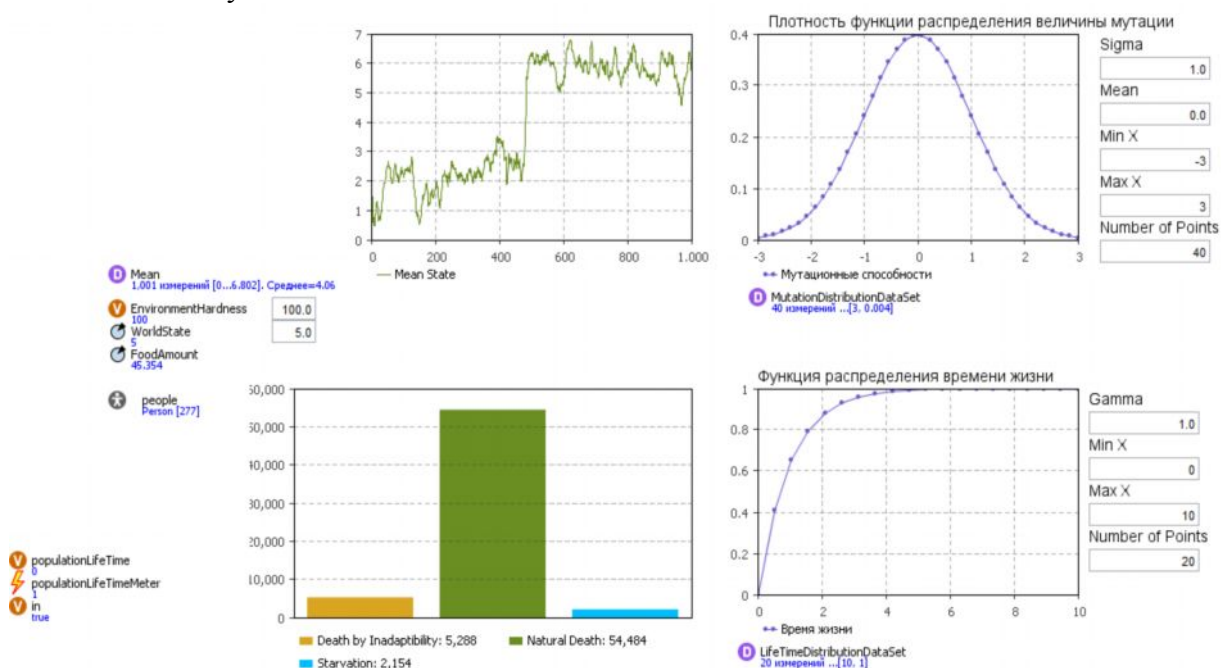


Рис. 3. Результаты эксперимента

При дальнейшем моделировании исследовались кооперативные отношения агентов и их влияние на приспособляемость и выживаемость популяции. В ходе экспериментов варьировались следующие факторы: жесткость среды, величина мутации потомков и размер группы. Увеличение размера группы уменьшает приспособленность агентов к среде, т.к. в группе проще добывать пищу. Но при этом естественный отбор сказывается не столь сильно, т.к. неприспособленные выживают за счет товарищей. При увеличении величины мутации потомства популяция перестает выживать. Связано это с тем, что сильно мутировавшие потомки умирают от неприспособленности, не успев оставить потомство. Интересный эффект наблюдается при изменении размера группы при высоком уровне мутаций в жестких и нежестких условиях среды. В нежестких условиях увеличение размера группы положительно влияет на продолжительность жизни популяции, в то время как в жестких – отрицательно. Объяснить это можно тем, что в нежестких условиях отдельные члены группы продолжают получать пищу и давать потомство, даже если они не приспособлены к среде. В случае с жесткими условиями среды популяция с высоким уровнем мутаций не выживает при увеличении размера группы.

В заключение необходимо отметить, что данная работа явилась попыткой создания универсальной математической модели «искусственной жизни», с помощью которой можно исследовать эволюционные процессы реального мира: возникновение коалиций; появление (выдвижение) лидера; коллективное поведение; различные виды взаимоотношений и т.п.

Литература

1. **Цетлин М.Л.** Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. / М. Л. Цетлин. – М.: Наука, 1969. – 316 с.
2. **Редько В.Г., Бесхлебнова Г.А.** Моделирование адаптивного поведения автономных агентов // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2010. – № 3. – С. 33–38.
3. **Поляков А.** Агентная модель виртуальной реальности мировой экономики // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2011. – № 2 (119)
4. **Поспелов Д.А.** От моделей коллективного поведения к многоагентным системам // Программные продукты и системы. – 2003. – № 2.
5. «Экс Джей Текнолджис» www.xjtek.ru.