

# Модель автономных агентов с основными биологическими потребностями и мотивациями

З.Б. Сохова<sup>1</sup>, В.Г. Редько<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, zarema.sokhova@gmail.com;

<sup>2</sup>ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, vgreko@gmail.com

**Аннотация.** В данной работе построена и исследована модель автономных агентов с несколькими основными биологическими потребностями. Каждой потребности соответствует определенная мотивация, являющаяся основой целенаправленного поведения. Агенты в популяции имеют четыре потребности: 1) безопасности, 2) питания, 3) размножения и 4) исследования. Интенсивности этих потребностей в модели выражаются числами из промежутка  $[0, 1]$  и формируют генотип агента. В работе анализируется вопрос о том, какой генотип окажется более устойчивым, исследуется роль потребностей и мотиваций.

**Ключевые слова:** автономные агенты, биологические потребности, мотивации

## 1. Введение

Важнейшим механизмом, который в значительной степени влияет на целенаправленное поведение живых организмов, являются *потребности*. В литературе встречаются следующие виды потребностей: физиологические потребности, потребности в безопасности или ухода от опасности, социальные потребности, потребности в уважении, признании, духовные потребности и др. Первостепенное значение имеют физиологические потребности, так как от них зависит возможность существования живого организма. Подходы к классификации потребностей можно условно разделить на два типа: психологические и физиологические. Физиологическая классификация исходит из того, что потребность может существовать, только если имеется конкретная нервная структура, которая отвечает за эту потребность [1]. Известная физиологическая классификация предложена П.В. Симоновым [2]. Симонов выделял три группы потребностей: 1) витальные («жизненно необходимые»), 2) зоосоциальные («внутривидовое взаимодействие»), 3) саморазвития («направлены в будущее»). Главным центром биологических потребностей в мозге считается гипоталамус и часть структур, относящихся к базальным ганглиям [1].

Возникновение потребностей у живых организмов обусловлено изменениями, которые происходят во внутренней и внешней среде организма. В каждый момент времени у организма могут быть активны разные потребности. При этом одна из потребностей может стать ведущей. Тогда у живого организма возникает мотивация

– «побудительная причина, толчок к целенаправленному поведению» [3]. Эта мотивация направляет живой организм на удовлетворение исходной потребности [4].

Для исследования поведения живых организмов в вычислительной науке часто используются *автономные агенты*. С помощью них можно моделировать как биологические организмы, так и их упрощенные искусственные аналоги [5, 6]. Агент представляет собой автономную сущность, характеризующуюся следующими свойствами: автономность, неоднородность, ограниченная рациональность, расположение в пространстве, возможность обучаться, антропоморфность, наличие конкретных целей, реактивность, социальность, наличие некоторого ресурса (энергии), память [7-10].

Отметим некоторые работы, в которых проводилось моделирование автономных агентов с естественными потребностями.

В работах [11, 12] авторами предложена модель агента, имеющего четыре биологические потребности (*голод, жажда, мочеиспускание, сон*) и четыре мотивации, соответствующие каждой из этих потребностей. Агент функционирует в среде с неограниченным источником ресурсов (еда, вода). Основной целью авторов является разработка автономного агента, который обладает механизмами, позволяющими ему иметь свои собственные потребности и интересы. Основываясь на этих потребностях, агент динамически выбирает и генерирует цели, благодаря чему возможно правдоподобное поведение.

В работе [13] исследуется поведение автономных агентов с потребностями *питания, размножения и безопасности* и мотивациями, которые соответствуют этим потребностям. Между

потребностями вводится иерархия, вследствие чего каждый такт времени одна из потребностей и соответствующая ей мотивация являются ведущими. Агенты в модели обучаются с использованием метода обучения с подкреплением. В работе продемонстрировано формирование циклов поведения, в которых последовательно удовлетворяются потребности питания, безопасности и размножения.

Несмотря на то, что в настоящее время имеется значительное число работ, посвященных адаптивным автономным агентам, очень мало предлагается исследовательских моделей, в которых анализируются базовые биологические потребности.

В нашей работе построена и исследована модель автономных агентов с «жизненно необходимыми» биологическими потребностями: *безопасность, питание, размножение, исследование*. При этом мы рассматриваем эту модель в эволюционном контексте, не фиксируя порядок приоритетов потребностей.

Отметим, что настоящая работа развивает статью [13], а именно, дополнительно вводится поисковая потребность (потребность исследования), особое внимание уделяется деталям взаимодействия между различными потребностями и мотивациями.

## 2. Описание модели

Рассмотрим популяцию автономных агентов, функционирующих в клеточной среде. Число клеток равно  $N_x \cdot N_y$ , причем мир замкнут: если агент движется вправо на одну клетку из клетки с координатами  $\{N_x, y\}$ , то он попадает в клетку с координатами  $\{1, y\}$ , аналогично для других «границ» мира. В каждой клетке среды может находиться только один автономный агент.

В мире имеется  $N_F$  порций пищи. В начальный момент времени порции пищи случайно распределяются по клеткам мира. Если одновременно с агентом в клетке есть порция пищи, то агент может питаться. При питании агент съедает всю порцию пищи. В конце каждого такта времени в случайных клетках снова появляются недостающие до  $N_F$  порции пищи.

В любой клетке может находиться агент-хищник. При этом если в клетке с агентом находится агент-хищник, то агент «погибает». Число хищников фиксировано, оно равно  $N_P$ . Величина  $N_P$  – параметр модели. В начальный момент времени хищники случайно распределяются по клеткам мира. В конце каждого такта времени каждый хищник перемещается на одну клетку в случайном направлении.

Агент видит ситуацию в своей клетке и в четырех соседних клетках (справа, слева, сверху,

снизу), а именно, агент видит, имеется ли еда, другой агент или агент-хищник в этих клетках.

Каждый агент имеет собственный энергетический ресурс  $R$ , который пополняется при питании и теряется при выполнении действий. Время  $t$  в модели дискретно.

У агента имеется четыре потребности:

- 1) безопасности
- 2) питания,
- 3) размножения,
- 4) исследования.

Будем считать, что интенсивности потребностей для каждого агента определяются величинами  $P_E, P_R, P_I, P_S$ . Эти параметры составляют генотип агента  $G = \{P_E, P_R, P_I, P_S\}$ . Генотипы агентов задаются в начале жизни популяции (в начале расчета) случайным образом и интенсивности равномерно распределены в интервале [0, 1]. Генотип агента определяет порядок приоритетов потребностей агента. Далее будем обозначать потребности следующим образом: "1" – безопасность, "2" – питание, "3" – размножение, "4" – исследование. Всего у агента возможны  $4! = 24$  различных порядка приоритетов, например, такие порядки: 1,2,3,4 или 4,2,1,3, в которых наиболее приоритетны 1-я или 4-я потребности, соответственно. Одна из задач этого исследования – выяснить, какие генотипы (порядки приоритетов) окажутся более устойчивыми в изменяющейся окружающей среде.

### 2.1. Мотивации агентов

Каждой потребности (безопасности, питания, размножения, исследования) соответствует определенная мотивация, которая стимулирует соответствующее потребности действие. Успешность функционирования агента зависит от порядка приоритетов его потребностей. Рассмотрим подробнее, как работают мотивации у агентов.

Мотивация питания  $M_E$  активна, если уровень энергетического ресурса  $R \leq R_0$ , где  $R_0$  – оптимальное значение энергетического ресурса. Уровень активной мотивации  $M_E$  равен величине  $P_E$  (рис. 1а). Аналогично для мотивации размножения  $M_R$ . При  $R \geq R_1$  мотивация размножения активна и равна  $P_R$  (рис. 1б), где  $R_1$  – уровень энергетического ресурса, необходимый для размножения.

Величина мотивации, соответствующая потребности безопасности  $M_S$ , равна 0, если агент не видит хищника в своей и в ближайших 4-х клетках, и равна  $P_S$ , если агент видит хищника в одной из этих клеток (рис. 1в). Считаем, что автономный агент сразу погибает (съедается хищником), если он находится в одной клетке с агентом-хищником.

Основываясь на гипотезе «уменьшения неопределенности», которая предполагает, что у

многих живых организмов постоянно присутствует мотивация к исследованию среды [14], будем полагать, что мотивация исследования  $M_I$  активна в любой такт времени и равна  $P_I$  (рис. 1з).

Таким образом, каждый такт времени анализируются состояния внутренней и внешней среды агента и активируются определенные мотивации.

Далее агент выделяет две мотивации: 1) «доминанту» [15] – мотивацию, которая соответствует *ведущей* потребности, и 2) мотивацию, которая следует за доминантой. То есть, у агента каждый такт времени активны две мотивации, обозначим их  $mf$  и  $ms$ , которые определяют его

поведение, где  $mf$  соответствует доминантой мотивации, а  $ms$  следующая за доминантой. Доминанта  $mf$  соответствует мотивации, максимальной по величине. Вторая мотивация  $ms$  соответствует следующей по величине мотивации. Например, если у агента порядок приоритетов мотиваций типа  $\{M_R, M_E, M_S, M_I\}$ , то доминанте  $mf$  соответствует мотивация размножения  $M_R$ , а  $ms$  соответствует мотивация питания  $M_E$ . Если агент не сможет выполнить действие, которое удовлетворит *доминантную мотивацию*, то он попытается выполнить действие, удовлетворяющее *вторую мотивацию*. Если и второе действие невозможно выполнить, агент выберет действие «покой».

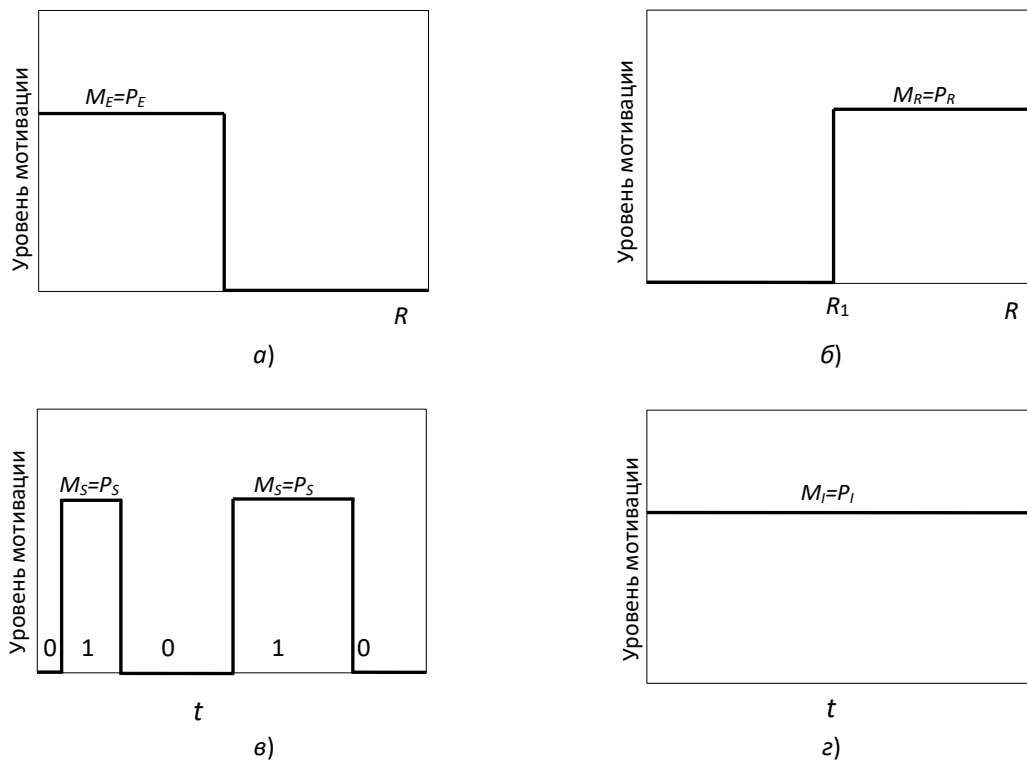


Рис. 1. Зависимости мотивации питания  $M_E$  и мотивации размножения  $M_R$  от ресурса агента  $R$  (а, б); зависимость мотивации безопасности  $M_S$  от наличия хищников в соседних ячейках (0 и 1 обозначают, есть ли на данном временном шаге хищники в соседних ячейках) (в) и зависимость мотивации исследования  $M_I$  от времени  $t$  (г)

## 2.2. Действия агентов

Рассмотрим подробнее возможные действия агентов.

**Съедание агентов хищником.** Если хищник попал в клетку с агентом, то он съедает этого агента.

**Убегание от хищника.** Когда агент видит хищника в соседней клетке, то у него активна мотивация безопасности  $M_E$ . Если эта мотивация

становится доминантой, то агент убегает от хищника в одну из ближайших свободных клеток (где нет хищника и другого агента). Если таких свободных клеток не нашлось, то агент может погибнуть, если хищник в следующий такт времени переместится в его клетку. Наиболее предпочтительно убегание в сторону, противоположную этому хищнику. Если же нет свободных клеток, то осуществляется попытка выполнить дей-

ствие, соответствующее мотивации  $ms$ , в противном случае агент ничего не делает, при этом его ресурс уменьшается на небольшую величину  $\Delta L$ . Величина  $\Delta L$  – параметр модели.

Возможно, агенту повезет, и хищник передвинется в другую ячейку.

*Питание агентов.* Если агент находится в клетке с порцией пищи и доминантой является мотивация питания, то он съедает полностью эту порцию. При этом его ресурс возрастает на величину  $\Delta R$ . Величина  $\Delta R$  – параметр модели. Если в клетке нет пищи, то агент смотрит, есть ли пища в соседних клетках (при этом проверяется наличие в соседних клетках хищника или другого агента), если есть такая клетка, то агент передвигается в нее. Если нет, то агент смотрит на следующую мотивацию  $ms$ : это может быть безопасность, деление или исследование. Выполняется действие, соответствующее следующей мотивации после доминанты, если это действие возможно осуществить, иначе агент ничего не делает и теряет небольшую часть ресурса  $\Delta L$ .

*Размножение.* Для размножения агента будем использовать репликацию – создание копии агента. Если у агента стала ведущей потребность размножения, то он реплицируется. При этом потомку передается часть ресурса агента равная  $qR$ , где  $0 < q \leq 0.5$ . Генотип потомка  $G = \{P_E, P_R, P_I, P_S\}$  равен генотипу родителя с точностью до небольших мутаций (каждая из величин  $P_E, P_R, P_I, P_S$  немного варьируется, к ней добавляется случайная величина, равномерно распределенная в интервале  $[-P_M, +P_M]$ ). Величина  $P_M$  – также параметр модели. В принципе, можно вводить разные интенсивности мутаций для разных параметров, но в данной версии модели считаем, что эти интенсивности мутаций для всех параметров одинаковы. Агент-потомок помещается в случайную свободную клетку из ближайших 4-х клеток (если в них нет другого агента). Если такой свободной клетки нет, то новый агент не рождается и происходит переход к потребности, следующей по величине мотивации  $ms$ . Если возможно осуществить действие, соответствующее мотивации  $ms$ , то агент выполняет его, иначе ничего не делает.

*Поисковая активность.* Если ведущей стала поисковая мотивация, то агент перемещается в одну из ближайших 4-х свободных клеток (если в ней нет другого агента или агента-хищника) в случайном направлении. Если такой свободной клетки в ближайшем окружении нет, то происходит переход к следующей мотивации  $ms$ . Следующие варианты могут быть питание, безопасность и размножение. Если исследование невозможно, значит, нет свободных клеток рядом и

удовлетворить мотивации безопасности и размножения тоже не получится. Остается питание. Если у агента следующая после ведущей мотивации является мотивация питания и в клетке есть пища, то агент питается. Если же следующей мотивацией является безопасность или размножение, то агент ничего не делает.

Отметим, что возможна ситуация, когда два агента могут в один такт времени выбрать одну и ту же клетку для перемещения в нее, в этом случае важен порядок выбора номера агента для выбора им действия. В описанном варианте модели номера агентов для действия выбирались по порядку их появления в популяции.

*Расход ресурса на действие.* После выполнения любого действия ресурс агента уменьшается на величину  $\Delta L$ .

*Гибель агента.* Агент погибает, если его съедает хищник, а также, если его ресурс стал меньше 0.

### 3. Результаты компьютерных экспериментов

Для анализа модели было проведено компьютерное моделирование. Основные параметры моделирования были следующие:  $N_A = 300$  – начальное число агентов в мире,  $N_{times} = 1000$  – число тактов времени,  $P_M = 0.05$  – параметр модели,  $N_x = 30$  – число клеток по вертикали,  $N_y = 30$  – число клеток по горизонтали,  $N_F = 200, 400$  или  $600$  – число порций пищи в мире,  $N_P = 100$  – число хищников в мире,  $\Delta R = 1.0$  – величина прироста ресурса при питании,  $\Delta L = 0.1$  – величина уменьшения ресурса при выполнении любых действий,  $R_0 = 2, R_1 = 1, q = 0.5$  – коэффициент, характеризующий какую долю ресурса родитель отдает потомку. Все приведенные в данном разделе результаты экспериментов усреднены по 1000 различным расчетам. Размер мира – 900 клеток.

#### 3.1. Влияние мотиваций на динамику числа агентов и суммарный энергетический ресурс популяции

Рассмотрим сначала, как влияют мотивации на динамику числа агентов в популяции. Результаты экспериментов зависимости числа агентов с мотивациями и без мотиваций от времени приведены на рис. 2. В модели без мотиваций ведущая мотивация выбиралась случайным образом. Видно, что при «включенных» мотивациях популяция агентов выживает в отличие от популяции с «выключенными» мотивациями.

Аналогичную динамику получаем для суммарного энергетического ресурса популяции агентов с мотивациями и популяции агентов без мотиваций (рис. 3).

Следует отметить, что при увеличении количества хищников и небольшом количестве пищи в мире (например,  $N_F = 200$ ) популяция агентов с мотивациями тоже вымирает.

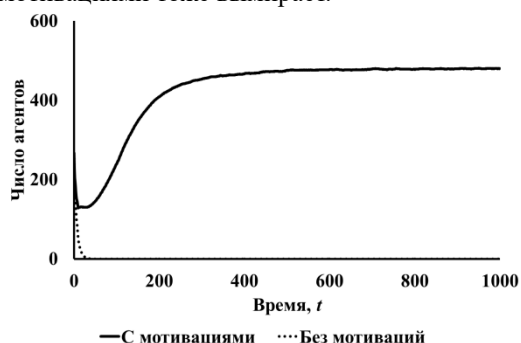


Рис. 2. Динамика численности сообщества для агентов с мотивациями и без мотиваций,  $N_F = 200$

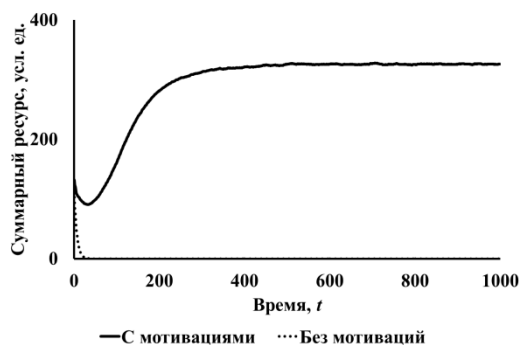


Рис. 3. Динамика суммарного энергетического ресурса сообщества агентов с мотивациями и без мотиваций,  $N_F = 200$

Изменим теперь количество порций пищи в мире, пусть  $N_F = 900$ . Результаты для этого эксперимента представлены на рис. 4. Видно, что обе популяции выживают, но число агентов в модели с мотивациями значительно выше.

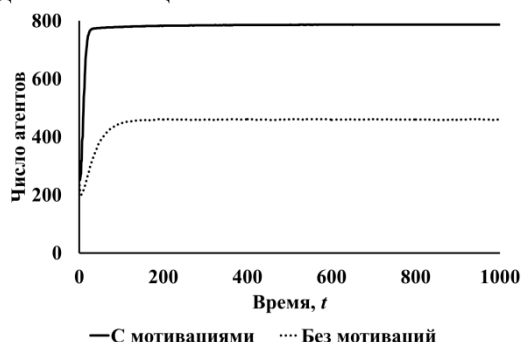


Рис. 4. Динамика суммарного энергетического ресурса сообщества агентов с мотивациями и без мотиваций,  $N_F = 900$

Помимо двух представленных вариантов модели, рассмотрим модель с упрощенной схемой

выбора ведущей мотивации. В этом случае агент определяет только ведущую мотивацию  $mf$  и не рассматривает следующую за ведущей мотивацию  $ms$ . Ведущая мотивация определяется следующим образом: если ресурс агента стал меньше чем  $R_0$ , то ведущая мотивация «питание»; если ресурс стал больше чем  $R_1$ , то ведущая мотивация «размножение», иначе ведущая мотивация выбирается случайно. Проведены расчеты для трех случаев: 1) с мотивациями ( $mf$ ,  $ms$ ), 2) без мотиваций, 3) упрощенная схема выбора ведущей мотивации ( $mf$ ). Результаты (рис. 5) демонстрируют, что в модели с выбором двух приоритетных мотиваций ( $mf$  и  $ms$ ) число агентов больше, чем при упрощенной схеме выбора ведущей мотивации.

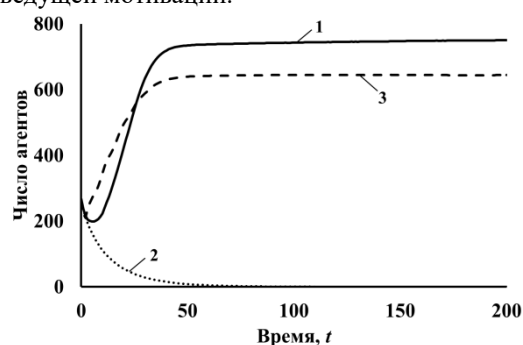


Рис. 5. Динамика численности сообщества агентов с мотивациями, без мотиваций и с упрощенной схемой выбора ведущей мотивации,  $N_F = 400$  (1 – с мотивациями, 2 – без мотиваций, 3 – с упрощенной схемой выбора ведущей мотивации)

Так как популяция с выключенными мотивациями в большинстве случаев вымирает, для дальнейшего исследования остановимся на популяции с мотивациями и рассмотрим различные аспекты ее функционирования. Проанализируем сначала результаты компьютерного моделирования для различного количества пищи в мире. На рис. 6 представлены результаты экспериментов для  $N_F = 200$ , 400 и 600. Видно, что число агентов при  $N_F = 200$  в мире значительно меньше, чем при  $N_F = 400$  или 600. Отметим, что при общем числе клеток 900, максимально возможное число агентов в мире равно 800, так как остальные 100 клеток занимают агенты-хищники. Тогда получаем, что при  $N_F = 400$  или 600, число агентов почти достигает предельно возможного числа.

При моделировании варьировалась также доля агентов с тем или иным генотипом в популяции. В частности, в ряде экспериментов увеличивалась доля агентов с определенным генотипом в 5 раз. Рассматривались 5 типов популяций: 0 – различные генотипы распределены по популяции равномерно (как во всех предыдущих

экспериментах). В следующих вариантах в популяции было больше в 5 раз агентов с генотипами, в которых ведущей является: 1 – потребность безопасности, 2 – потребность питания, 3 – потребность размножения, 4 – потребность исследования. При этом остальные генотипы распределены равномерно. На рис. 7 представлена динамика числа агентов в этих пяти популяциях. Видим, что в результате более успешно сообщество, в котором в начальной популяции было равномерное распределение генотипов. Отметим, что в популяциях, где было больше агентов с доминирующей потребностью исследования и безопасности сообщества прекращают свое существование (линии 1 и 4). Там, где доминирует размножение, популяция также успешно функционирует, как и популяция с равномерным распределением генотипов (линии 0 и 3). Численность агентов в популяции с доминирующей потребностью питания убывает.

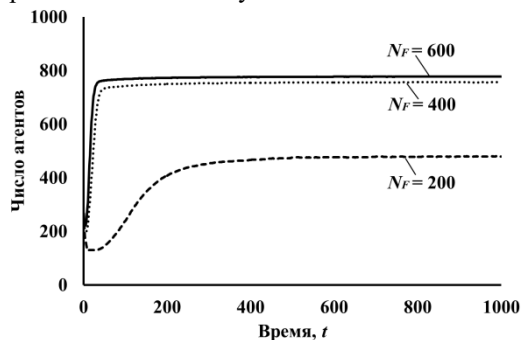


Рис. 6. Динамика численности сообщества агентов с мотивациями для различного количества пищи в мире

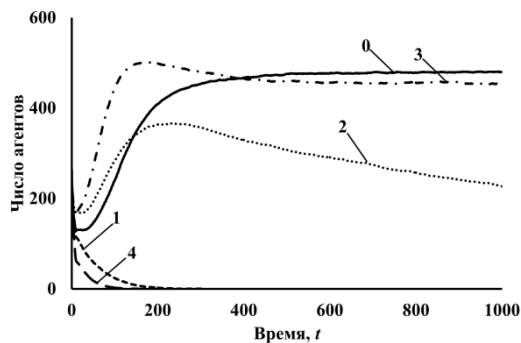


Рис. 7. Динамика численности агентов с различными долями агентов в популяции,  $N_F = 200$  (0 – равномерное распределение агентов; 1 – в исходной популяции больше агентов с потребностью безопасности; 2 – в исходной популяции больше агентов с потребностью питания; 3 – в исходной популяции больше агентов с потребностью размножения; 4 – в исходной популяции больше агентов с потребностью исследования)

В дальнейших экспериментах исследовалась

популяция с равномерным начальным распределением генотипов, но при этом будет показано, что в конце функционирования такого сообщества в нем будут преобладать агенты, у которых доминирует потребность размножения.

### 3.2. Мотивации

Рассмотрим теперь результаты ряда экспериментов, связанных с тем, как меняется средний уровень каждой из мотиваций популяции агентов в течение времени. Эксперименты проводились для разного числа порций пищи  $N_F$  в мире. В первом эксперименте число порций пищи  $N_F = 200$ . Видно, что в этом случае у большинства агентов на первом месте мотивация питания, так как еды в мире недостаточно. Далее следуют мотивации размножения, исследования и безопасности (рис. 8).

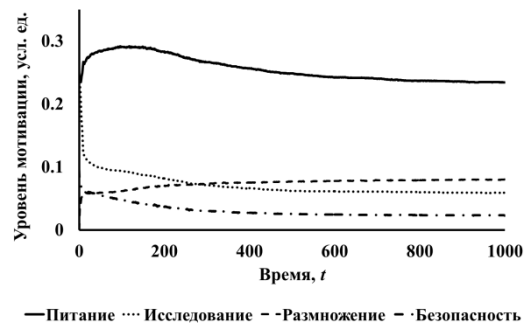


Рис. 8. Динамика среднего уровня мотиваций,  $N_F = 200$

Теперь увеличим количество порций пищи в мире до  $N_F = 400$ . На рис. 9 представлены результаты. В этом случае на первом месте у большинства агентов мотивация размножения, затем мотивации питания, исследования и безопасности.

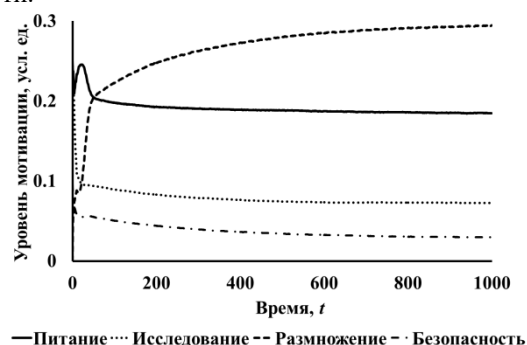


Рис. 9. Динамика среднего уровня мотиваций,  $N_F = 400$

Отметим, что при проведении многочисленных экспериментов наблюдалось два основных результата: 1) у большинства агентов на первом месте мотивация питания, при малом количестве порций пищи и 2) у большинства агентов на пер-

вом месте мотивация размножения, при достаточном количестве порций пищи. Мотивации исследования и безопасности на первое место агентами не ставились.

### 3.3. Эволюция потребностей и генотипы

Одна из основных целей данной работы состоит в том, чтобы понять, какие генотипы из 24-х возможных окажутся более устойчивыми. При этом следует иметь в виду, что полученные результаты зависят от возможностей агентов, заложенных в модели и от начальных параметров.

Рассмотрим сначала динамику среднего уровня потребностей в популяции. Представленные ниже результаты демонстрируют как меняются эти уровни для различного числа порций пищи и агентов-хищников. На рис. 10 представлены результаты динамики среднего уровня потребностей для сообщества агентов с мотивациями при  $N_F = 200$ ,  $N_P = 100$ .

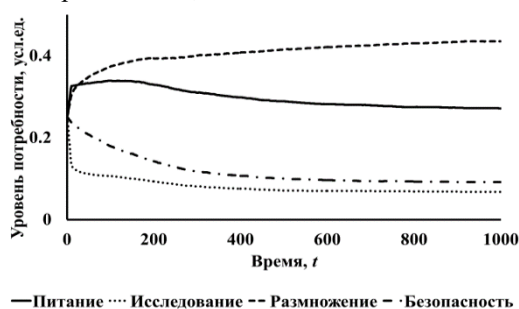


Рис. 10. Динамика среднего уровня потребностей питания, исследования, размножения и безопасности для сообщества агентов с мотивациями,  $N_F = 200$ ,  $N_P = 100$

Ниже на рис. 11 представлено распределение агентов по возможным в сообществе генотипам. Общее усредненное число агентов в популяции в этом случае равно 529. Генотип «3214» из них имеют 214 агентов, а «3241» – 192 агента, то есть эти агенты чаще реплицировались. Таким образом, выживают агенты, у которых в генотипе на первом месте стоит потребность размножения, а затем потребность питания.

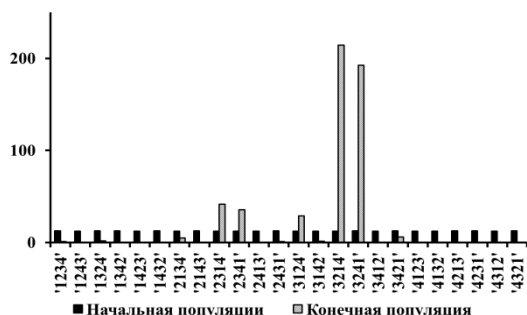


Рис. 11. Распределение агентов по генотипам в сообществе агентов с мотивациями,  $N_F = 200$ ,  $N_P = 100$

Рассмотрим теперь случай с  $N_F = 600$  и  $N_P = 150$ , то есть увеличим число порций пищи и число агентов-хищников. На рис. 12 и 13 представлены результаты расчетов. Видим, что качественно картина почти не отличается от предыдущего случая. Отметим, что если увеличить только число хищников, не увеличивая число порций пищи, популяция агентов вымирает.

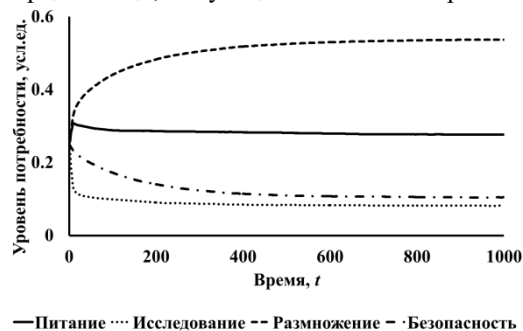


Рис. 12. Динамика среднего уровня потребностей питания, исследования, размножения и безопасности для сообщества агентов с мотивациями,  $N_F = 600$ ,  $N_P = 150$

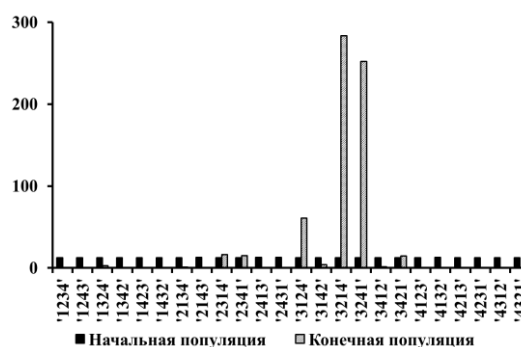


Рис. 13. Распределение агентов по генотипам в сообществе агентов с мотивациями,  $N_F = 600$ ,  $N_P = 150$

### 3.4. Потребность безопасности

Отметим еще один эксперимент, связанный с динамикой численности агентов. Попробуем отключить потребность безопасности. Изначально ожидалось, что в сравнении с вариантом модели, в которой потребность безопасности активна, число агентов будет ниже, но оказалось, что число агентов в популяции с отключенной потребностью безопасности выше. Результаты представлены на рис. 14. Объяснить этот результат можно следующим образом. При отсутствии потребности безопасности агенты, по-видимому, чаще реплицируются, и так как хищник движется случайно (он не видит агентов в соседних клетках), то и родитель, и потомок в некоторых случаях могут выжить оба. Возможно, если хищник будет поступать разумно (то есть, если

хищник при обнаружении агента в соседней клетке, будет в эту клетку передвигаться), то значимость безопасности возрастет. Отметим также, что в исследуемом варианте модели, в случае, когда у агентов отключена потребность безопасности, больше агентов «умирает».

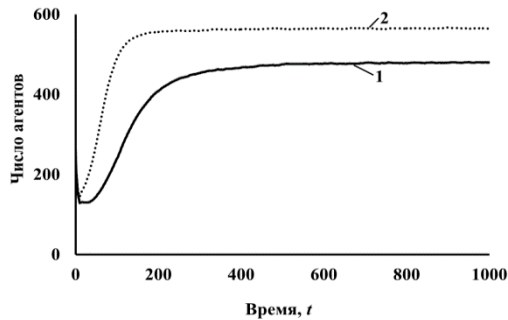


Рис. 14. Динамика численности сообщества для агентов с мотивациями,  $N_F = 200$  (линия 1 – с потребностью безопасности, линия 2 – без потребности безопасности)

### 3.5. Эффективность агентов с потребностью исследования среды

В процессе работы над моделью возник вопрос: насколько нужна потребность исследования, так как агенты при исследовании не запоминают никакой информации. Были проведены эксперименты для модели с потребностью исследования и для модели без исследований для  $N_F = 200$  и  $N_F = 400$ . Результаты представлены на рис. 15 и 16. Видно, что, когда в мире мало порций пищи потребность исследования оказывает существенное влияние на результаты моделирования, так как в модели, где агенты исследуют среду число агентов выше. Если же еды в мире достаточно много, разница получается несущественная.

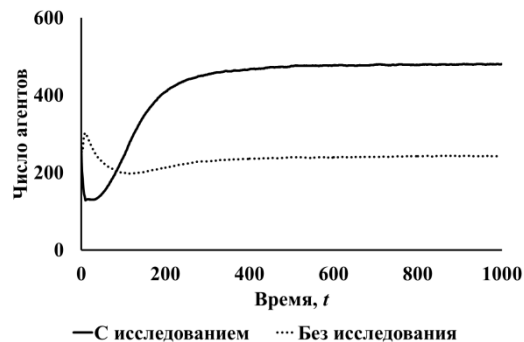


Рис. 15. Динамика численности сообщества для агентов с мотивациями. Рассматривается два случая: 1) с потребностью исследования у агентов и 2) без потребности исследования,  $N_F = 200$

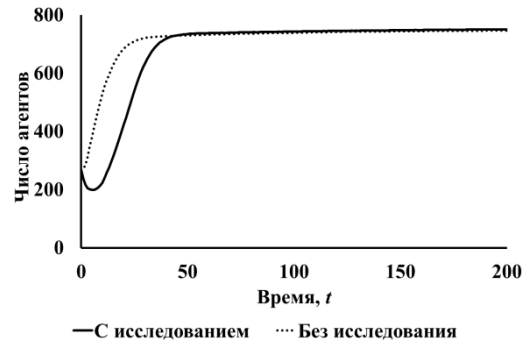


Рис. 16. Динамика численности сообщества агентов для агентов с мотивациями. Рассматривается два случая: с потребностью исследования у агентов и без потребности исследования,  $N_F = 400$

## 4. Заключение

Таким образом, в работе изложена модель автономных агентов с основными биологическими потребностями и мотивациями. Результаты данного исследования показывают, что наиболее устойчивыми являются генотипы, в которых ведущие потребности размножение и питание. Также продемонстрирована важная роль потребности исследования при малом числе порций пищи в среде, несмотря на то, что агент при исследовании не запоминает никакой информации, но при этом имеет больший шанс найти источник энергии, если он чаще двигается по миру, как это и происходит в естественных биологических системах.

По мнению авторов, можно улучшить модель, добавив возможность для автономных агентов при исследовательском поведении строить карту местности и формировать базу знаний, чтобы потом использовать ее. При этом порции пищи и агенты-хищники должны появляться не случайным образом в мире, а в некоторых клетках мира чаще, чем в других, т.е. нужно внести какую-либо закономерность, которую агент смог бы выучить, функционируя в среде. Как было отмечено в разделе 3.4 стоит также добавить для агентов-хищников возможность действовать более разумно.

Настоящая работа выполнена в рамках государственного задания по проведению фундаментальных научных исследований по теме «Исследование нейроморфных систем обработки больших данных и технологии их изготовления». Проект № FNEF-2022-0003.



# A Model of Autonomous Agents with Basic Biological Needs and Motivations

Zarema B. Sokhova, Vladimir G. Red'ko

**Abstract.** In this paper, a model of autonomous agents with several basic biological needs is constructed and investigated. Each need corresponds to a certain motivation, which is the basis of purposeful behavior. Agents in a population have four needs: 1) safety, 2) nutrition, 3) reproduction and 4) research. The intensities of these needs in the model are expressed by numbers from the interval  $[0, 1]$  and form the genotype of the agent. In a population, 24 different combinations of the order of priorities of needs are possible. The model was investigated by computer simulation. The paper analyzes the question of which genotype will be more stable, examines the role of needs and motivations.

**Keywords:** autonomous agents, biological needs, biological motivations

## Литература

1. Н.А. Фонсова, И.Ю. Сергеев, В.А. Дубынин. Анатомия центральной нервной системы. М., ЮРАЙТ, 2016.
2. П.В. Симонов. Мотивированный мозг. Высшая нервная деятельность и естественно-научные основы общей психологии. Питер, 2023.
3. А.И. Лакомкин, И.Ф. Мягков. Биологические потребности и мотивации. Воронеж, ВГУ, 1980.
4. К.В. Судаков. Биологические мотивации. М., Медицина, 1971.
5. В.Г. Редько. Моделирование когнитивной эволюции: На пути к теории эволюционного происхождения мышления. М., ЛЕНАНД, 2020.
6. В.А. Непомнящих. Аниматы как модель поведения животных. IV Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2002». Материалы дискуссии «Проблемы интеллектуального управления – общесистемные, эволюционные и нейросетевые аспекты». М., МИФИ, 2003.
7. N. Gilbert. Agent-based models. Sage Publications, Inc, 2007.
8. B. Hayes-Roth. An architecture for adaptive intelligent systems. «Artificial Intelligence: Special Issue on Agents and Interactivity», V. 72 (1995), 329–365.
9. M. Wooldridge, N. Jennings. Intelligent agent: theory and practice. «Knowledge Engineering Review», V. 10 (1995), № 2, 115–152.
10. P. Maes. Artificial Life meets entertainment: life like autonomous agents. «Communications of the ACM», V. 38 (1995), № 11, 108–114.
11. N. Avradinis, T. Panayiotopoulos, G. Anastassakis. Modelling basic needs as agent motivations. «International Journal of Computational Intelligence Studies», V. 2 (2013), № 1, 52–75.
12. N. Avradinis, T. Panayiotopoulos, G. Anastassakis. Behavior believability in virtual worlds: agents acting when they need to. «SpringerPlus», V. 2 (2013), 246.
13. А.Г. Коваль, В.Г. Редько. Поведение модельных организмов, обладающих естественными потребностями и мотивациями. «Математическая биология и биоинформатика», Т. 7 (2012), № 1, 266–273.
14. В.А. Непомнящих. Связь между автономным и адаптивным поведением у искусственных агентов и животных. Сборник научных трудов: Подходы к моделированию мышления. Под ред. В.Г. Редько. М., ЛЕНАНД, 2019.
15. А.А. Ухтомский. Доминанта. Статьи разных лет. 1887-1939. СПб., Питер, 2002.