

УДК 001.81:519.68:681.32

ИСКУССТВЕННАЯ ЖИЗНЬ

Маргарет А. Боден

Перевод с английского Н. В. Зудилиной¹

Аннотация: Цель исследований в области искусственной жизни (И-жизни) может пониматься двумя способами: 1) как использование артефактов для изучения жизни или «жизни, какой она могла бы быть»; 2) как создание новых живых существ искусственным образом. Ключевыми являются вопросы о том, требует ли жизнь материального воплощения, и является ли различие живого и неживого всего лишь количественным, а не качественным, то есть вопросом степени. С позиции материализма, центральная характеристика живого – это самоорганизация, которая сопровождается эмергенцией новых свойств. Важным для эволюционистов является вопрос о том, как взаимодействуют самоорганизация и естественный отбор, создавая биологический порядок. Исследования в области И-жизни могут быть сосредоточены на теории или на реализации. Реализация может быть двух типов: 1) симуляции И-жизни (различной степени абстрактности или идеализации); 2) физические роботы. С философской точки зрения A-Life и III тесно связаны, потому что III – это подобласть И-Жизни. Однако разработки в A-Life и AI основаны на разной методологии: на восходящей (а не нисходящей) обработке, локальном (а не глобальном) контроле, простых (а не сложных) правилах, эмерджентном (а не запрограммированном) поведении, на объяснениях в терминах эмерджентности (а не функциональной декомпозиции), в терминах тесно связанных динамических систем, описываемых траекториями в фазовом пространстве и дифференциальными уравнениями (а не вычислениями над репрезентациями), на избегании детального, «объективного» моделирования мира, типичного для классического (символического) III.

Ключевые слова: искусственная жизнь (И-жизнь), жизнь, живое, самоорганизация, эмерджентность, эволюция, компьютерное моделирование, симуляция И-жизни, робот, искусственный интеллект (III).

В области исследований искусственной жизни (И-жизни)² используются информационные понятия и компьютерное моделирование для изучения жизни в целом и жизни на Земле в частности. Эти исследования направлены на объяснение заслуживающих особого внимания проявлений жизни, от происхождения биохимического метаболизма до коэволюции поведенческих стратегий, а также абстрактных свойств жизни как таковой («жизнь, какой она могла бы быть»).

Таким образом, эти исследования являются одной из форм математической биоло-

1 Перевод выполнен по изданию: Boden, M. A. Artificial Life / Margaret A. Boden // The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences // Eds. Robert A. Wilson and Frank C. Keil. Cambridge, Massachusetts; London, England: The MIT Press, 1999. P. 37–39.

2 Англ. Artificial Life (сокр. A-Life) – искусственная жизнь (сокр. И-жизнь).

гии, хотя и весьма междисциплинарного типа. Исследовательские темы И-жизни, помимо их наличия в биологии, и особенно в этологии и эволюционной теории, изучаются также (например) в области искусственного интеллекта, вычислительной психологии, математике, физике, биохимии, иммунологии, экономике, философии и антропологии.

Понятие И-жизни было введено Кристофером Лэнгтоном в 1986 году (Langton 1986 и 1989). Этим концептом Лэнгтон наводит на мысль (намеренно), что цель исследований в области И-жизни – это создание новых живых существ. Однако не все учёные в области И-жизни придерживаются этой цели. Еще меньше тех, кто верит, что это возможно сделать без обеспечения какого-либо физического тела и обмена веществ. Соответственно, некоторые из тех, кто работает в области И-жизни, отдают предпочтение менее провокационным с философской точки зрения понятиям, таким как «адаптивные системы» или «аниматы» (физические роботы или симуляции роботов, основанные на животных) (Meyer и Wilson 1991).

Притязание на то, что даже виртуальные создания в киберпространстве могут быть подлинно живыми, называется «сильной И-жизнью», по аналогии с «сильным ИИ»³. Большинство исследователей в области И-жизни отвергает это утверждение (но см. Langton 1989 и Ray 1994). Или, скорее, большинство отвергает точку зрения, что такие создания могут быть живыми в том же смысле, что и биологические организмы, но допускают, что они являются или могут являться живыми в меньшей степени⁴. Требуется ли материальное воплощение или нет, и является ли она вопросом степени или нет – это вопросы философски спорные. Например, сторонники *аутопозиса* (непрерывного самопродуцирования автономного существа) отвечают «Да» на первый вопрос и «Нет» на второй (Maturana и Varela 1980). Другие также отвечают на первый вопрос «Да», но по другим причинам (Harnad 1994). Однако на эти философские вопросы не обязательно давать однозначные ответы для того, чтобы исследования в области И-жизни развивались, или для того, чтобы эти вопросы проливали свет в науке. Использование артефактов для изучения жизни, даже «жизни, какой она могла бы быть», – это не то же самое, что стремление создать живой экземпляр искусственным образом.

Теоретическим фокусом исследований в области И-жизни является центральная характеристика живого: самоорганизация. Она предполагает спонтанное возникнове-

3 Разделение ИИ на «слабый» и «сильный» восходит к тесту Тьюринга и к его критике Джоном Сёрлом в мысленном эксперименте «Китайская комната». Согласно Тьюрингу, если при анонимном общении человек не сможет распознать, что ответы на его вопросы даёт не человек, а ИИ, то такой ИИ можно считать мыслящим, понимающим, то есть «сильным» ИИ. Джон Сёрл опроверг гипотезу «сильного ИИ», показав в своём мысленном эксперименте, что имитация осмысленного поведения на уровне синтаксиса («слабый ИИ») не означает понимания на уровне семантики («сильный ИИ»). Возможно, полезно также задуматься о том, уместно ли вообще называть «интеллектом» те машинные процессы, которые мы создаём (прим. моё. – Н.З.)

4 Можно ли быть живым в *большей или меньшей степени*? Иными словами, является ли различие живого и неживого всего лишь количественным? Или живое *принципиально* отлично от неживого, то есть отлично по своему качеству? Это одна из главных дилемм в области исследований И-жизни (прим. моё. – Н.З.).

ние⁵, и поддержание, порядка из некоего источника, который упорядочен в меньшей степени. (Нижележащий уровень может, хотя и не обязательно, содержать случайный «шум»). Самоорганизация – это не просто поверхностные изменения, а фундаментальное структурное развитие. Это развитие является спонтанным, или автономным⁶. То есть оно является результатом внутреннего характера системы (часто во взаимодействии с окружающей средой), а не навязывается ей какой-то внешней силой или создателем замысла.

В самоорганизующихся системах свойства более высокого уровня возникают в результате взаимодействия более простых. В живых организмах к соответствующим взаимодействиям относятся химическая диффузия, восприятие и коммуникация, а также процессы изменчивости и естественного отбора. Одна из ключевых проблем заключается в том, каким образом самоорганизация и естественный отбор взаимодействуют, создавая со временем биологический порядок. Некоторые разработки в области И-жизни наталкивают на мысль, что хотя самоорганизация порождает фундаментальный порядок, естественный отбор (следующий за изменчивостью) отсеивает те формы, которые менее всего приспособлены к (менее всего соответствуют) рассматриваемой среде (Kauffman 1993).

Свойства более высокого уровня в живых организмах весьма разнообразны. К ним относятся универсальные характеристики жизни (например, автономия и эволюция); различные образы жизни (например, паразитизм и симбиоз); определенные типы поведения (например, образование стаи (стада), охота или бегство); широко распространенные процессы развития (например, дифференцировка клеток); и физическая морфология (например, паттерны ветвления у растений и анатомия органов чувств или механизмов управления у животных).

Исследования в области И-жизни охватывают все эти биологические явления на всех этих уровнях. Симуляции И-жизни различаются по степени абстрактности или идеализации. Посредством некоторых моделируются особенности поведения или мор-

5 Англ. *emergence*. Было бы более точным перевести слово “*emergence*” как «эмергенция», однако общепринятым является перевод «эмерджентность» (англ. *emergentness*), то есть «качество или состояние бытия эмерджентным» (по словарю Мерриам Вебстера). Таким образом, *эмергенция* – это процесс внезапного (для наблюдателя) возникновения новых свойств системы на её высших иерархических уровнях, такой, что из законов, по которым действуют нижележащие уровни, невозможно вывести законы, по которым действуют вышележащие уровни. *Эмерджентность* – это характеристика новых свойств, внезапно возникающих в системе, нижележащие уровни которой не содержат в себе каких-либо свойств или функций, которые давали бы основания ожидать появления этих новых свойств. Эмерджентизм – это одна из разновидностей современного материализма, поскольку априори подразумевается, что нижележащее материальное предшествует и порождает вышележащее духовно-ментальное. Например, сознание истолковывается как эмерджентное свойство мозга, а жизнь – как эмерджентное свойство физических и химических процессов (прим. моё. – Н.З.).

6 Слова «спонтанный» и «автономный» используются здесь автором как синонимы. Однако несмотря на их несомненную взаимосвязь, значения этих слов всё же различны: спонтанность есть незапланированность, тогда как автономность – самодетерминированность (прим. моё. – Н.З.).

фологии отдельных живых существ, тогда как с помощью других изучаются весьма общие вопросы, например, как различные скорости мутаций влияют на коэволюцию (Ray 1992). Они также различаются по способу моделирования: некоторые работы в области И-жизни концентрируются на программах, отображающих своих созданий (если таковые имеются) только в виде изображений на устройстве визуального отображения⁷, тогда как другие создают (и/или развивают⁸) физических роботов. Широкий спектр исследований в области И-жизни отражен в журналах *Искусственная жизнь*⁹ и *Адаптивное поведение*¹⁰, а также в материалах одноименных международных (в том числе европейских) конференций. Краткие обзоры можно найти в Langton 1989 и Boden (1996, введение). См. популярные версии введений в Emmeche (1994) и Levy (1992).

Исследования в области И-жизни тесно связаны с когнитивной наукой (более того, они являются её частью) в отношении ее истории, методологии и философии.

Исторически, пионерами в исследованиях И-жизни (примерно в середине двадцатого века) стали основатели искусственного интеллекта: Алан Тьюринг и Джон фон Нейман. Они оба разработали теоретические объяснения самоорганизации, показав, как простые положенные в основание процессы могут порождать сложные системы, задействующие эмерджентный порядок. Тьюринг (1952) показал, что взаимодействующие градиенты химической диффузии могут создавать структуры более высокого уровня (в том числе периодические) из изначально гомогенного слоя. Фон Нейман, еще до открытия ДНК или генетического кода, определил абстрактные требования для самовоспроизведения (Burks 1966). Он даже дал определение универсального репликатора: клеточный автомат (КА), способный копировать любую систему, включая и саму себя. КА – это вычислительное «пространство», состоящее из множества дискретных ячеек; каждая ячейка может находиться в одном из нескольких состояний и изменяет (или сохраняет) свое состояние в соответствии с определенными – обычно локальными – правилами. Фон Нейман также отметил, что ошибки копирования могут способствовать эволюции¹¹. Эта идея позже привела к развитию эволюционных вычислений (эволюци-

7 Англ. *VDU (visual display unit)* – устройство визуального отображения информации, например, монитор или электронное табло.

8 Англ. *evolve* – развивать, развиваться в ходе эволюции, эволюционировать. Данный глагол, от которого произведено существительное *evolution*, использован намеренно, чтобы указать на возможную аналогию между разработкой роботов и эволюцией живых существ (прим. моё. – Н.З.).

9 Англ. “Artificial Life”.

10 Англ. “Adaptive Behavior”.

11 Идея о том, что ошибки копирования могут способствовать эволюции, является весьма спорной, особенно если мы применяем ее к живому, в общепринятом смысле этого слова. Во-первых, как отмечают Дж.М. Ходжсон и Т. Кнудсен, можно выделить два типа ошибок: 1) ошибка чтения входных сигналов и 2) ошибка копирования. Если ошибка чтения входных сигналов приводит к потере порядка, но не к потере приспособленности, то ошибка копирования приводит как к потере порядка, так и к потере приспособленности (См. Hodgson G. M., Knudsen T. *Generative Replication and the Evolution of Complexity* / Geoffrey M. Hodgson, Thorbjørn Knudsen // *Journal of Economic Behavior & Organization*. Volume 75, Issue 1, July 2010, P. 9). Рассмотрим теперь этот второй, наиболее разрушительный для живого вид ошибки. С одной стороны, природа всегда действует по прин-

онное программирование, стратегии эволюции, генетические алгоритмы и т.д.).

Даже в относительно простых КА (некоторый) порядок более высокого уровня может возникнуть только после многих итераций соответствующих правил нижележащего уровня. Для таких случаев требуются высокопроизводительные вычисления. Следовательно, возможность подробно изучить идеи Тьюринга и фон Неймана в отношении И-жизни представилась только спустя долгое время после их смерти. По общему признанию, КА изучались коллегой фон Неймана Артуром Бёрксом (Burks 1970) и его учеником Джоном Холландом, которые стали первопроходцами в области генетических алгоритмов, вскоре после того, как были определены КА (Holland 1975); и впоследствии ими заинтересовалось еще больше исследователей – Джон Конвей (Gardner 1970), Стив Вольфрам (1983 и 1986), Стюарт Кауфман (1969 и 1971), Лэнгтон (1984) и другие. Но эти исследования раннего периода были сосредоточены на теории, а не на реализации. Более того, они не были известны большинству исследователей в сфере когнитивистики. Исследования в области И-жизни стали заметным явлением в начале 1990-х годов, во многом благодаря инициативе Лэнгтона по организации первого семинара по И-жизни (в Лос-Аламосе) в 1987 году.

Методологически, исследования в области И-жизни, так же как вычислительная психология и исследования искусственного интеллекта, в особенности коннекционизм, ситуационная робототехника и генетические алгоритмы (эволюционное программирование), полагаются на компьютерное моделирование. Эти три подхода к исследованию ИИ можно применить к виртуальным или физическим системам. Например, некоторыми роботами, созданными на основе исследований в области И-жизни, управляют эволюционировавшие нейросети, чьи (вначале случайные) соединения обуславливают «рефлекторные» реакции на определенные сигналы окружающей среды (см., например, Cliff, Harvey, и Husbands 1993).

Методология исследований в области И-жизни во многом отличается от классического (символического) ИИ. Она основана на восходящей (а не нисходящей) обработке,

ципу наименьшего действия (*сокр. ПНД*). Одним из тех, кто размышлял об этом, был Г.В. Лейбниц, который понимал ПНД как универсальный принцип экономии *Vis Viva* (в пер. с лат. *живая сила*, или жизненная сила), поскольку *Total Vis Viva* сохраняется. Говоря простыми словами, в природе всегда реализуется тот путь, который позволяет достичь максимального эффекта с наименьшими затратами. С другой стороны, в природе на всех уровнях биологической организации существует т.н. «избыточность» (англ. *redundancy*), которая имеет критически важное значение для нормального функционирования всего живого. Однако эта кажущаяся избыточность не отменяет ПНД. Например, существует генная избыточность (англ. *gene redundancy*), то есть наличие в геноме организма многих копий какого-либо гена в хромосоме, выполняющих одну и ту же функцию. Если принять во внимание универсальность ПНД, это означает, что потенциальный вред от ошибок при копировании информации в ДНК превосходит затраты на «избыточное» копирование этой информации. И поскольку «избыточного» копирования *достаточно* для предотвращения возможных нежелательных (вплоть до смерти организма или популяции) последствий ошибок копирования, оно, тем самым, оказывается неизбыточным, следовательно, не противоречащим ПНД. Таким образом (возвращаясь к утверждению фон Неймана), эволюции способствуют не ошибки копирования, а наличие эффективных способов их недопущения (прим. моё. – Н.З.).

локальном (а не глобальном) контроле, простых (а не сложных) правилах и эмерджентном (а не запрограммированном) поведении. Часто её применяют при попытках моделирования эволюционирующих или коэволюционирующих популяций, насчитывающих многие тысячи особей. Обычно с её помощью пытаются создать модель целого существа, а не какой-то изолированный модуль, такой как видение или решение проблем (см., например, Beer 1990). Она притязает на то, что в ней избегают методов, связанных с репрезентацией знаний и планированием, которые играют решающую роль в классическом ИИ (Brooks 1991). Поведение роботов, разработанных на основе исследований в области И-жизни, является результатом автоматической реакции на непредвиденные обстоятельства окружающей среды, а не результатом запрограммированных последовательностей или внутренних планов. Каждый ответ обычно задействует только одну часть тела (например, третью ногу справа), но их взаимодействие порождает «целостное» поведение: робот поднимается по ступеньке или придерживается стены.

С философской точки зрения И-жизнь и ИИ тесно связаны. И действительно, если интеллект может возникнуть только у живых существ, то ИИ, с принципиальной точки зрения, является подобластью И-жизни. Тем не менее, некоторые философские предположения, типичные для классического ИИ, подвергаются сомнению и даже отвергаются большинством из тех, кто работает в области И-жизни. Все перечисленные ниже философские проблемы обсуждаются в Boden 1996, особенно в главах Бедо, Бодена, Кларка, Годфри-Смита, Хендрикса-Янсена, Лэнгтона, Патти, Собера и Уиллера; см. также Clark 1997.

Подобно тому, как исследования в области ИИ выявляют проблематичное понятие интеллекта, исследования в области И-жизни выводят на первый план концепт жизни, – для которого не существует общепринятого определения. В этих исследованиях также поднимаются вопросы «симуляции против реализации», аналогичные тем, которые касаются сильного ИИ. К проблемам в области исследований И-жизни, которые также имеют отношение к адекватности функционализма как философии ИИ и когнитивной науке, относится роль воплощения и/или встроенности в окружающую среду¹² в обосновании познания и интенциональности.

В области исследований И-жизни в целом отдают предпочтение объяснениям в терминах эмерджентности¹³, тогда как в области исследований ИИ склонны отдавать предпочтение объяснению посредством функциональной декомпозиции. Более того, многие исследователи в области И-жизни ищут объяснения в терминах тесно связанных динамических систем, описываемых траекториями в фазовом пространстве и дифференциальными уравнениями, а не вычислениями над репрезентациями. Хотя в области И-жизни действительно избегают детального, «объективного» моделирования мира, типичного для классического ИИ, вопрос о том, удастся ли полностью избежать внутренних репрезентаций, остается дискуссионным. Также спорным является вопрос о том, сможет ли «автономия» встроенных в окружающую среду систем И-жизни воспроизвести иерархический порядок и саморефлексивность, присущие некоторым человеческим

12 Англ. environmental embeddedness.

13 Англ. emergence. См. прим. 5.

действиям (и частично моделируемым классическим ИИ). Многие философы И-жизни обосновывают свой отказ от репрезентаций посредством критики широко трактуемых картезианских исходных допущений, типичных для классического и, в большинстве случаев, коннекционистского понимания ИИ. Вместо этого они опираются на философские идеи, почерпнутые из континентальной философии или феноменологии, иногда используя концепцию аутопоэзиса.

Помимо теоретического интереса, разработки в области И-жизни получают применение во многих технологиях. К ним относятся эволюционные вычисления для решения коммерческих проблем, встроенные в окружающую среду роботы, для практического использования, компьютерная анимация для фильмов и компьютерных игр. Компьютерная среда «Создания»¹⁴, например, использует методы И-жизни для развития¹⁵ отдельных существ, способных взаимодействовать и учиться от своего «мира» и «обучения» от пользователя-человека.

References

1. Beer, R. D. (1990). *Intelligence as Adaptive Behavior: An Experiment in Computational Neuroethology*. New York: Academic Press.
2. Boden, M. A., Ed. (1996). *The Philosophy of Artificial Life*. Oxford: Oxford University Press.
3. Brooks, R. A. (1991). Intelligence without representation. *Artificial Intelligence* 47: 139-159.
4. Burks, A. W. (1966). *Theory of Self-Reproducing Automata*. Urbana: University of Illinois Press.
5. Burks, A. W. (1970). *Essays on Cellular Automata*. Urbana: University of Illinois Press.
6. Clark, A. J. (1997). *Being There: Putting Brain, Body, and World Together Again*. Cambridge, MA: MIT Press.
7. Cliff, D., I. Harvey, and P. Husbands. (1993). Explorations in evolutionary robotics. *Adaptive Behavior* 2: 71–108.
8. Emmeche, C. (1994). *The Garden in the Machine: The Emerging Science of Artificial Life*. Princeton: Princeton University Press.
9. Gardner, M. (1970). The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game "Life." *Scientific American* 223(4): 120– 123.
10. Harnad, S. (1994). Levels of functional equivalence in reverse bioengineering. *Artificial life* 1: 293–301.
11. Holland, J. H. (1975). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
12. Kauffman, S. A. (1969). Metabolic stability and epigenesis in randomly connected

14 Англ. "Creatures".

15 Англ. to evolve (досл. развить). См. прим. 8.

- nets. *Journal of Theoretical Biology* 22: 437–467.
13. Kauffman, S. A. (1971). Cellular homeostasis, epigenesis, and replication in randomly aggregated macro-molecular systems. *Journal of Cybernetics* 1: 71–96.
 14. Kauffman, S. A. (1992). *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*. Oxford: Oxford University Press.
 15. Langton, C. G. (1984). Self-reproduction in cellular automata. *Physica D* 10: 135–144.
 16. Langton, C. G. (1986). Studying artificial life with cellular automata. *Physica D* 22: 1120–1149.
 17. Langton, C. G. (1989). Artificial life. In C. G. Langton, Ed., *Artificial Life: The Proceedings of an Interdisciplinary Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems* (held September 1987). Redwood City, CA: Addison-Wesley, pp. 1–47. (Reprinted, with revisions, in M. A. Boden, Ed., *The Philosophy of Artificial Life*. Oxford: Oxford University Press, pp. 39–94.)
 18. Levy, S. (1992). *Artificial Life: The Quest for a New Creation*. New York: Pantheon.
 19. Maturana, H. R., and F. J. Varela. (1980). *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*. London: Reidel.
 20. Meyer, J.-A., and S. W. Wilson, Eds. (1991). *From Animals to Animats: Proceedings of the First International Conference on Simulation of Adaptive Behavior*. Cambridge, MA: MIT Press.
 21. Ray, T. S. (1992). An approach to the synthesis of life. In C. G. Langton, C. Taylor, J. D. Farmer, and S. Rasmussen, Eds., *Artificial Life II*. Redwood City, CA: Addison-Wesley, pp. 371–408. (Reprinted in M. A. Boden, Ed., *The Philosophy of Artificial Life*. Oxford: Oxford University Press, pp. 111–145.)
 22. Ray, T. S. (1994). An evolutionary approach to synthetic biology: Zen and the art of creating life. *Artificial Life* 1: 179–210.
 23. Turing, A. M. (1952). The chemical basis of morphogenesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society: B* 237: 37–72.
 24. Wolfram, S. (1983). Statistical mechanics of cellular automata. *Review of Modern Physics* 55: 601–644.
 25. Wolfram, S. (1986). *Theory and Applications of Cellular Automata*. Singapore: World Scientific.

Сведения об авторе

Маргарет А. Боден – профессор-исследователь когнитивных наук в Университете Сассекса в Брайтоне, где она участвовала в разработке первой в мире академической программы в области когнитивных наук.

E-mail: M.A.Boden@sussex.ac.uk

Сведения о переводчике:

Надежда В. Зудилина – кандидат философских наук, доцент кафедры философии,

Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского.

E-mail: nadiya.zudilina@gmail.com

Margaret A. Boden

ARTIFICIAL LIFE

transl. from English by Nadezhda V. Zudilina

***Abstract:** The aim of research in Artificial Life (A-Life) can be understood in two ways: 1) as the use of artifacts to study life or “life as it could be”; 2) as the creation of new living things artificially. The key questions are whether life does require material embodiment, and whether the difference between living and nonliving things is only quantitative and not qualitative, that is a matter of degree. From the position of materialism, the central characteristic of living things is self-organization, which is accompanied by the emergence of new properties. An important question for evolutionists is how self-organization and natural selection interact to produce biological order. Research in A-Life can be focused on theory or on implementation. The implementation can be of two types: 1) A-Life simulations (of varying degrees of abstractness or idealization; 2) physical robots. Philosophically, A-Life and AI are closely related, because AI is a subarea of A-Life. However, developments in A-Life and AI rely on different methodology: on bottom-up (not top-down) processing, local (not global) control, simple (not complex) rules, emergent (not preprogrammed) behavior, explanations in terms of emergence (not functional decomposition), in terms of closely coupled dynamical systems, described by phase-space trajectories and differential equations (rather than computation over representations), on avoiding the detailed, “objective” world-modeling typical of classical (symbolic) AI.*

***Keywords:** Artificial Life (A-Life), life, living thing, self-organization, emergence, evolution, computer modeling, A-Life simulation, robot, Artificial Intelligence (AI).*

Margaret A. Boden is Research Professor of Cognitive Science at the University of Sussex at Brighton, where she helped develop the world’s first academic program in cognitive science.

E-mail: M.A.Boden@sussex.ac.uk

Nadezhda V. Zudilina is Associated Professor, Candidate of Sciences in Philosophy at V.I. Vernadsky Crimean Federal University.

E-mail: nadiya.zudilina@gmail.com