

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 574.34

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ И ХИМЕРЫ В ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИНАМИКЕ ПОПУЛЯЦИЙ С ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРОЙ НА КОЛЬЦЕВОМ АРЕАЛЕ

М.П. Кулаков, Е.Я. Фрисман

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,
e-mail: k_matvey@mail.ru, frisman@mail.ru

В работе исследуются возникновение и разрушение кластеров в системе из нелокально связанных популяций, обитающих на одномерном кольцевом ареале. Каждая единичная система – модель двухвозрастной популяции, а связь – миграция особей старшего возрастного класса. Изучается зависимость формируемой картины пространственной динамики от начальных условий и управляющих параметров. Обнаружено, что мультистабильность модели локальной двухвозрастной популяции приводит к тому, что каждый кластер может испытывать колебания с разным характером (колебания с разными периодами или отсутствие колебаний в некоторых из кластеров).

Ключевые слова: *возрастная структура, миграция, пространственно-временная динамика, кластер, химера.*

Введение

Широко известно, что многие виды животных в своем пространственном распределении могут образовывать группы или скопления, которые достаточно удалены друг от друга и каким-то образом разбросаны по ареалу. В этом случае большая популяция животных или метапопуляция может быть представлена группой более мелких субпопуляций, которые связаны между собой миграцией. Каждая из субпопуляций занимает небольшой участок ареала и все взаимодействия в нем носят локальный характер, а взаимодействия между разными участками затруднены и непостоянны. Например, они носят сезонный характер, когда один раз за сезон особи могут покинуть свой родной участок и переселиться в соседний. И только тогда особи одной субпопуляции смогут вступить в контакт с особями другой субпопуляции. Возможны и более сложные ситуации, например, особи способны перемещаться на более отдаленные участки ареала, а не только соседние. Первый тип перемещения или связи называют локальной связью, а второй нелокальной [2].

Одним из традиционных методов изучения особенностей пространственной динамики миграционно связанных популяций является использование систем или решеток локально или не локально связанных логистических отображений,

которые демонстрируют кластерную синхронизацию отдельных элементов [3, 5, 11]. В таких системах при определенных начальных условиях либо формируется абсолютно синхронная динамика всех отдельных элементов (субпопуляций), либо образуются кластеры, в пределах которых динамика будет синхронной [11]. При этом размер кластеров может быть различен: большие могут соседствовать с мелкими, напоминая ядерные и спутниковые группировки особей. Кроме того, тип динамики внутри кластеров разного размера может существенно отличаться [1, 5, 9]. В этом ключе интересно, насколько механизмы кластеризации в математических моделях близки к механизмам формирования в популяциях пятнистого или неравномерного распределения.

Вместе с тем реальные популяции характеризуются не только своим пространственным распределением, но и тем, что каждая субпопуляция имеет некоторую внутреннюю структуру. Например, особи отличаются по полу, или по возрасту, или по генетическим характеристикам. Для количественного описания таких популяций уже не обойтись логистическими отображениями, а потребуется использовать многомерные системы отображений, отдельные компоненты которых описывают численность группы особей одного пола, возраста или носителей определенного гено-

типа [7, 10]. Миграция при этом возможна из любой группы, в зависимости от особенностей вида. В данной работе исследуется математическая модель пространственно-временной динамики такой популяции и изучаются возможные динамические режимы. Особое внимание уделяется анализу механизмов синхронизации, кластеризации и возникновения химерных состояний.

Модель пространственно-временной динамики популяции с возрастной структурой

Для описания динамики локальной популяции будем использовать хорошо изученную модель динамики двухвозрастной популяции [7, 10]:

$$\begin{cases} x_{n+1} = a y_n \exp(-\rho x_n - y_n), \\ y_{n+1} = s x_n + v y_n, \end{cases} \quad (1)$$

где x_n и y_n – численность младшей (неполовозрелой) и старшей (половозрелой) части популяции в n -й сезон, a – репродуктивный потенциал – максимальный коэффициент рождаемости, s и v – коэффициенты выживаемости соответствующих возрастных групп (рис. 1а). Экспонента в первом уравнении соответствует плотностно-зависимой регуляции рождаемости, где параметр ρ – степень участия младшего возрастного класса в этом процессе. В таком виде система (1) – это отображение на плоскости, которое демонстрирует потерю устойчивости как по сценарию удвоения периода, когда возникают колебания с периодом 2, 4, 8 и т.д., так и по сценарию Неймарка-Саккера, когда

численность испытывает квазипериодические колебания [10]. Кроме того ранее было показано, что модели такого типа обладают мультистабильностью своих динамических режимов. В частности, отмечено сосуществование стационарной динамики и колебаний с периодом 3 (3-цикл) [4, 6].

Из всех возможных вариантов миграции, которые могут наблюдаться в реальных популяциях, будем рассматривать ситуацию, когда наиболее подвижной частью популяции являются взрослые особи, способные перемещаться на большие расстояния (нелокальная связь). Это может выражаться в том, что один раз в сезон доля взрослых особей, равная m , покидает свой родной локальный участок и мигрирует не только на соседний, но и на P других участков, увеличивая там численность взрослых особей (рис. 1б). В этом смысле величина P – число локальных участков на кольце, на которое воздействует единичная субпопуляция, или, иначе, P – это радиус связи, поэтому $P < N/2$.

Таким образом, модель, описывающая динамику N миграционно связанных двухвозрастных популяций, имеет следующей вид:

$$\begin{cases} x_{n+1}^{(i)} = a y_n^{(i)} \exp(-\rho x_n^{(i)} - y_n^{(i)}), \\ y_{n+1}^{(i)} = s x_n^{(i)} + v y_n^{(i)} + \frac{m v}{2P} \sum_{j=i-P}^{i+P} (y_n^{(j)} - y_n^{(i)}), \end{cases} \quad (i=1, 2, \dots, N), \quad (2)$$

которая содержит 4 независимых параметра, определяющих характер локальной динамики каждой субпопуляции (a , s , v и ρ), а также 2 параметра,

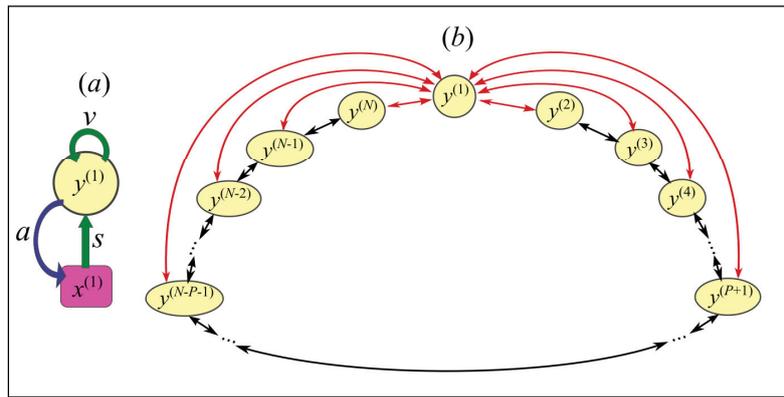


Рис. 1. (а) Граф, соответствующий модели локальной популяции (1), где стрелки – демографические переходы (a – рождаемость, s – переход особей из младшего класса в старший, v – выживаемость особей старшего класса); (б) схема миграции особей старшего возрастного класса по кольцевому ареалу, соответствующая модели (2)

Fig. 1. (a) Graph of the local population model (1), where arrows show the demographic transition (a – births, s – transition of individuals from a junior class to adults, v – survival of adults); (b) scheme of the adults migration along the ring-shaped habitat, which corresponds to the model (2)

определяющих миграцию (m и P). Знак суммы во втором уравнении системы (2) – диффузионный член, соответствующий миграции особей старшего возрастного класса на P удаленных от него локальных участков в любом направлении ($P < N/2$).

$$\text{Величины } \frac{m v}{2P} \sum_{j=i-P}^{i+P} y_n^{(j)} = m v y_n^{(i)} \text{ и } \frac{m v}{2P} \sum_{j=i-P}^{i+P} y_n^{(j)} -$$

это число эмигрантов и иммигрантов соответственно.

В данном случае рассматривается простейший случай, когда метапопуляция проживает на ареале кольцевой формы, которую можно встретить, например, для популяций, проживающих на берегу озера или вдоль островного побережья. Форма ареала в модели (2) задается порядком суммирования и, вообще, может быть легко модифицирована. При численных расчетах нулевые, отрицательные или большие чем N индексы интерпретируются как индекс следующего на кольце элемента, что легко формализуется как периодический $j \bmod N$.

При изучении системы вида (2) главный вопрос, который привлекает особое внимание, заключается в следующем: каковы условия, при которых наблюдается синхронизация и кластеризация режимов каждой парциальной системы? Ближайшая физическая задача, в которой возникают подобные вопросы, – это задача о связанных маятниках, генераторах переменного тока или системах связанных нейронов. Причем изучаются как чисто математические аспекты этих явлений на соответствующих математических моделях, так и проводятся натурные эксперименты. В биологической трактовке кластеризация соответствует явлению самоорганизации, когда на довольно большом ареале формируется такой режим пространственно-временной динамики, когда можно выделить смежные группировки особей или кластеры со схожим характером динамики. В результате каждая такая группировка будет не отличимой по характеру динамики от локальной популяции.

Вообще состояния $x_n^{(i)}$ (или $y_n^{(i)}$) системы (2) для некоторых $0 \leq i \leq N$ называются синхронными или когерентными, если существует предел:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sup_{i, j \in U_r(k)} |x_n^{(i)} - x_n^{(j)}| \rightarrow 0, \quad (3)$$

где $U_r(k) = \{j : 0 \leq j \leq N, \|j - k\| < r \leq N\}$ –

окрестность элемента с номером k на кольце. В случае если окрестность совпадает со всем кольцом, т.е. если $U = \{1, 2, 3, \dots, N\}$, то говорят о полной синхронизации всех элементов $x_n^{(i)}$ ($y_n^{(i)}$). В случае если можно выделить несколько взаимно непересекающихся окрестностей, которые вместе образуют все кольцо, то говорят о кластерной синхронизации, а каждую группу элементов $x_n^{(i)}$ ($y_n^{(i)}$) называют кластером [8, 13, 12]. Например, если существуют такие окрестности U_1 и U_2 , что $U_1 \cap U_2 = \emptyset$ и $U_1 \cup U_2 = \{1, 2, 3, \dots, N\}$, в каждой из которых существует предел (3), то U_1 и U_2 – кластеры синхронных элементов.

Традиционно для исследования синхронизации и кластеризации систем связанных отображений фиксируют значения параметров, которые соответствуют какому-либо динамическому режиму и очень часто даже хаотическому режиму. Начальные условия $x_0^{(i)}$ ($y_0^{(i)}$) в этом случае обычно случайные, либо они выбираются в специальном виде, который соответствует определенной структуре кластеров. Далее ищутся значения параметров связи, при которых через серию переходных процессов возникает полная синхронизация или формируются кластеры, или не наступает ни одного режима синхронизации и наблюдается так называемая турбулентная динамика, когда для всех элементов не выполняется предел (3).

Рассмотрим особенности кластеризации в модели (2).

Синхронизация, кластеризация и химеры

Ранее был подробно исследован случай $N=2$ и $S=1$ [4]. Было показано, что система (2) демонстрирует мультистабильность двух типов. Первый – синхронизация режимов парциальных систем друг с другом, соответствующая фазовой мультистабильности. Второй тип связан с мультистабильностью парциальной системы (1) или (2) при $m=0$ – сосуществование устойчивой неподвижной точки и режимов после ее потери устойчивости с циклами длины 3 и режимами, возникающими после их бифуркации. В частности, обнаружены сосуществующие два типа инвариантных кривых – на основе неподвижной точки и 3-цикла, или даже двух разных хаотических аттракторов. Кроме того, было показано, что связь между единичными системами приводит к комбинации двух этих типов мультистабильностей. Во-первых, эти режимы могут быть синхронными или нет, а во-вторых, синхронизация может быть частичной (с захватом частоты и фазы, но с разными ампли-

тудами). В связи с этим следует ожидать наследования этих режимов в системах большой размерности.

Рассмотрим режимы динамики, которые возникают в модели (2) при $N=100$ и нелокальном характере связи ($P=10$). Зафиксируем параметры локальной популяции следующими параметрами: $a=34$, $s=0,5$, $v=0,05$, $\rho=0,25$, при которых система (1) демонстрирует простейшую мультистабильность динамических режимов – сосуществование 3-цикла и устойчивой неподвижной точки. Будем рассматривать специальные начальные условия в следующем виде:

$$\begin{cases} x_0^{(1)} = x_0^{(2)} = \dots = x_0^{(100)} = 0, \\ Z = y_0^{(1)} = y_0^{(2)} = \dots = y_0^{(25)} = \\ = y_0^{(76)} = y_0^{(77)} = \dots = y_0^{(100)}, \\ W = y_0^{(26)} = y_0^{(27)} = \dots = y_0^{(75)}, (Z \neq W), \end{cases} \quad (4)$$

которые соответствуют двум равным кластерам. Такие начальные условия соответствуют неравномерному заселению ареала лишь «взрослыми» особями (старшим возрастным классом).

Надо заметить, что использование стартовой точки (4) довольно оправдано. Во-первых, она достаточно проста для исследования, сразу задает определенный тип когерентной динамики (два равных кластера). Во-вторых, любое отклонение от данного вида кластеров, при вариации параметров связи и величин Z и W , легко диагностировать. Другими словами, исследуется устойчивость именно такого типа пространственно-временной динамики, а такие начальные условия гарантированно приводят к когерентной динамике. Кроме того, в [4] была показана некоторая симметрич-

ность фазового пространства системы (1), которая приводит к тому, что вариация начальной численности старших (y_0) или младших особей (x_0) неотличима по последствиям для динамических режимов – формируется 3-цикл либо наблюдается устойчивая стационарная динамика.

Воспользовавшись методикой, предложенной в [5], будем варьировать Z и W , оценивая близость режима системы (2) через серию итераций и начального, задаваемого в виде (4). В результате можно выделить области существования режимов пространственно-временной динамики (рис. 3), которые можно условно назвать бассейнами притяжения режимов системы (2), их примеры при разной силе связи m показаны на рис. 2. Дополнительно для идентификации этих областей вычислялся период колебания каждого элемента, число формируемых кластеров, а также степень синхронности элементов в каждом из них.

Цифрами на рис. 2 показан минимально зафиксированный период колебаний всех 100 элементов системы (2) при начальных условиях из соответствующей области (через косую черту максимальный период). Полностью синхронные колебания обозначены с помощью нижнего индекса, равного 0, а области их притяжения расположены в окрестности биссектрисы первого координатного угла (обозначены самыми темными оттенками). Причем из-за мультистабильности парциальной системы (1) полностью синхронный режим может быть как колебательным с периодом 3 (области 3_0), так и стационарным без колебаний (1_0). Выделяются области начальных условий, при которых формируются кластеры, в каждом из них будут колебания с периодом три (обозначены цифрой 3), либо только в одном будут колебания (обо-

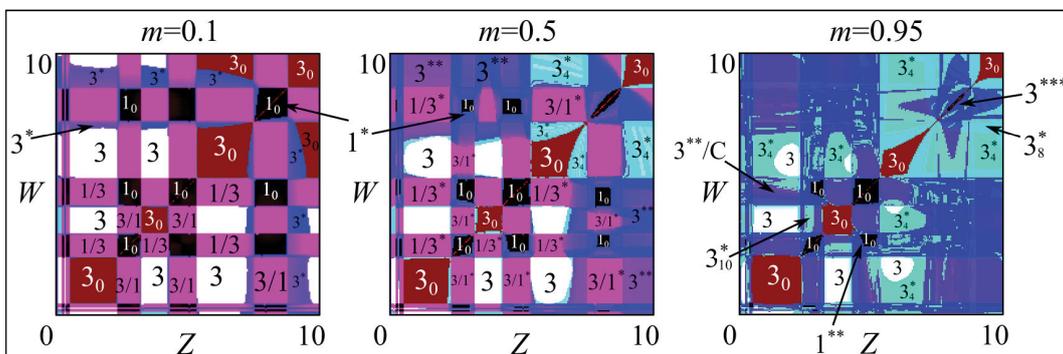


Рис. 2. Бассейны притяжения режимов пространственно-временной динамики системы (2) при $N=100$, $a=34$, $s=0,5$, $v=0,05$, $\rho=0,25$, $P=10$ и вариации коэффициента миграции m

Fig. 2. Attraction basins of spatial-temporal dynamics of the system (2) at $N=100$, $a=34$, $s=0.5$, $v=0.05$, $\rho=0.25$, $P=10$ and variation of the migration coefficient m

значены как $1/3$ или $3/1$), а во втором колебаний практически не будет. Причем кластер, в каком именно будут колебания с периодом 3, а в каком не будет колебаний, однозначно определяется выбором начальных условий. Примеры таких режимов приведены на рис. 3.

На рис. 3 показана динамика каждого из 100 связанных элементов системы (2), где по оси абсцисс – это номер субпопуляции i ($i=1, 2, \dots, 100$), а по оси ординат – предельная численность переменной $x_n^{(i)}$ за достаточно большой период времени, т.е. отброшены все переходные процессы. В результате часть полученных кривых сливается, что указывает на устойчивый, установившийся характер колебаний, а их число – на период колебаний. Динамика переменной $x_n^{(i)}$ в данном случае оказывается полностью подчиненной (синхронной) $y_n^{(i)}$, поэтому имеет смысл рассматривать лишь одну переменную. Такие графики часто называют профилями пространственно-временной динамики системы связанных элементов, и их вид довольно традиционен. Профили позволяют продемонстрировать характер динамики одновременно всех переменных и визуально иденти-

фицировать режим синхронизации, а также отметить возникающие кластеры и другие феномены пространственно-временной динамики, такие как химеры (речь о которых пойдет чуть ниже). Прерывистой линией на рис. 3 показан профиль, соответствующий начальным условиям $y_0^{(i)}$ ($i=1, 2, \dots, 100$), которые приводят именно к такому режиму.

Подробный анализ областей на рис. 2 выявил, что границы между режимами с равными кластерами и полностью синхронными режимами несколько размыты. Например, на рис. 2 можно заметить, что область режима $3/1$ или $1/3$ примыкает к областям притяжения полностью синхронных режимов 1_0 и 3_0 , а между ними в виде тонкой прослойки выделяется область «переходных» режимов, обозначенных как 1^* и 3^* . Первые из них примечательны тем, что на фоне стационарной динамики выделяется небольшое число элементов (варьируется, но не более 10), которые демонстрируют колебания с периодом 3. Второй режим характеризуется тем, что среди популяций с полностью синхронной динамикой, которые испытывают колебания с периодом 3, появляется небольшое число несинхронных с ними элементов, которые почти не испытывают колебаний (их число также

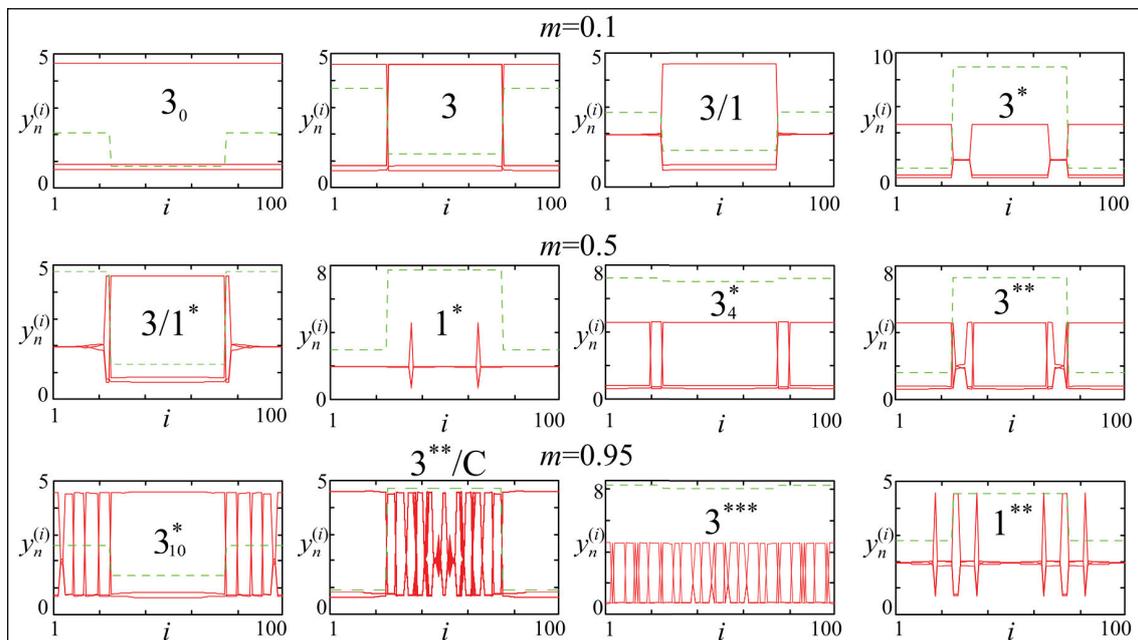


Рис. 3. Примеры пространственно-временной динамики (профили) системы 100 связанных двухвозрастных популяций, описываемых системой (2) при $N=100$, $a=34$, $s=0,5$, $v=0,05$, $\rho=0,25$, $P=10$ и вариации коэффициента миграции m

Fig. 3. Examples of spatial-temporal dynamics (profiles) for the system of 100 two-age populations, coupled by migration, which are described by the model (2) at $N=100$, $a=34$, $s=0.5$, $v=0.05$, $\rho=0.25$, $P=10$ and variation of the migration coefficient m

не более 10). Интересно, что эта прослойка не однородна как по составу, когда незначительная вариация начальной точки изменяет количество элементов, «выбывающих» из общего синхронного режима, так и по размерам областей притяжения этих режимов. Так, при малых Z и W они минимальны, и выйти на этот режим довольно трудно, а при локальной связи, т.е. $P=1$, такие режимы вообще не возникают. С ростом Z или W области притяжения таких режимов увеличиваются в размере. Совместный же рост сужает эти области.

С ростом силы связи m , т.е. когда все большая часть особей покидает свой родной локальный участок, области переходных режимов значительно расширяются. Вместе с этим значительно сужаются области полной синхронизации и области равных кластеров с зафиксированным профилем в виде (4). Кроме того, переходные режимы становятся более разнообразными. Так, при пятикратном увеличении параметра связи ($m=0,5$) двухкластерные режимы, когда один кластер испытывает колебания с периодом 3, а другой не колеблется, немного усложняются. Вместо таких режимов возникают кластеры, «окруженные» более мелкими группами или вообще единичными элементами, которые колеблются в другой фазе по отношению к большим «центральному» кластерам (такие режимы обозначены как $1/3^*$ или $3/1^*$). Число таких «спутниковых» кластеров растет с ростом силы связи. Подобным образом «обрастают» спутниковыми кластерами режимы 1^* или 3^* , когда на фоне синхронной динамики несинхронными оказываются более чем два кластера (такие режимы обозначены как 1^{**} и 3^{**}).

Вообще надо заметить, что ситуация «обрастания» кластеров единичными осцилляторами является частным случаем феномена, который принято называть химерным состоянием или просто химерой. Он характеризуется тем, что на фоне когерентной (синхронной) динамики внутри или вокруг кластера возникают единичные элементы с несинхронной динамикой. Пользуясь определением кластера, данным выше, химерное состояние выражается в том, что среди всех N связанных элементов появляются единичные элементы, для которых не существует предел (3), т.е. невозможно выделить окрестность, содержащую синхронные с ним элементы. Выделяют фазовые и амплитудные химеры [1, 9]. Первые заключаются в том, что несинхронный элемент отличается от соседних осцилляторов лишь порядком следования колебательных элементов, проще говоря, его колебания сдвинуты по фазе. Амплитудные химеры отмеча-

ют в том случае, когда колебания несинхронного элемента, помимо фазы, отличаются от соседних по размаху колебаний или амплитуде, а в крайнем случае и периоду колебаний. Примечательно, что для получения химерных состояний обычно необходимы случайные начальные условия, и тот факт, что их удалось получить при детерминированных начальных условиях вида (4), может быть основанием считать химерные состояния проявлением мультистабильности систем связанных отображений.

При очень большой силе связи ($m=0.95$), когда каждый локальный участок выталкивает взрослых особей, бассейны искомой конфигурации кластеров, так же как и синхронных режимов, занимают еще меньше места, а области притяжения переходных режимов – большую часть фазовой плоскости. Причем в этом случае пространственную динамику составляют преимущественно фазовые и амплитудные химеры. Пример последних на рис. 3 обозначен как $3^{**}/C$, который проявляется в том, что колебания отдельных элементов имеют отличную от других амплитуду, а элементы, зажатые большими кластерами, испытывают нерегулярную динамику, в то время как большой кластер демонстрирует колебания с периодом 3.

Кроме того, при столь большой силе связи среди режимов пространственной динамики выделится большое число вариантов кластеров, представленных более чем двумя кластерами, которые сложно назвать переходными или химерными состояниями. Примеры таких режимов на рис. 3 обозначены как 3_4^* или 3_0^* , которые соответствуют 4 и 10 кластерам соответственно. Они, по всей видимости, образованы делением более крупных кластеров на части. Вместе с тем, химерный режим 3^{***} на рис. 3 отличается от 3_4^* и 3_0^* тем, что хоть и можно выделить 20 примерно равных кластеров, но существует 10 единичных элементов, которые оказываются несинхронными с рядом стоящими элементами. Другими словами, для этих элементов не существует предела (3).

Выводы

Таким образом, в статье показано, что система популяций с возрастной структурой на кольцевом ареале демонстрирует явление кластеризации или кластерной синхронизации, а также химерные состояния. Обнаружено, что мультистабильный характер динамики локальной двухвозрастной популяции способен приводить к тому, что каждый кластер может испытывать колебания с разным

характером. В простейшем случае это колебания с периодом 3 в одном кластере и отсутствие колебаний в другом. Естественно, что этим не ограничивается возможный спектр таких режимов. Так, в результате бифуркаций каждого из этих режимов колебания в каждом кластере могут быть более сложными, что требует дальнейших исследований.

Показано, что с ростом силы связи формируется большое число режимов пространственной динамики с большим числом кластеров. Часть из них – это переходные режимы между полной и кластерной синхронизацией. Они появляются в результате того, что отдельные элементы выбиваются из общего ритма колебаний, вследствие чего крупные кластеры «обрастают» более мелкими «спутниковыми», порой состоящими из единичного элемента, что соответствует химерным состояниям. Другой путь формирования большого числа кластеров – дробление крупных на части. При этом они также могут «обрастать» единичными несинхронными элементами.

Таким образом, обнаруженные режимы пространственно-временной динамики (кластеризация и химеры) в моделях миграционно связанных двухвозрастных популяций указывают на то, что пространственная неоднородность реальных популяций не всегда является следствием неоднородных условий, но может быть следствием особенностей динамики локальных популяций со стадийным характером развития и миграцией на сопредельные территории.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-29-02658 офи_м.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Богомолов С.А., Стрелкова Г.И., Schöll E., Анищенко В.С. Амплитудные и фазовые химеры в ансамбле хаотических осцилляторов // Письма в ЖТФ. 2016. Т. 42, вып. 14. С. 103–110.
2. Кузнецов А.П., Кузнецов С.П. Критическая динамика решеток связанных отображений у порога хаоса // Известия вузов. Радиофизика. 1991. Т. 34, № 10–12. С. 1079–1115.
3. Кулаков М.П. Закономерности кластеризации динамики численности популяций, находящихся в процессе расселения особей по ли-

нейному ареалу // Региональные проблемы. 2015. Т. 18, № 4. С. 33–39.

4. Кулаков М.П., Неверова Г.П., Фрисман Е.Я. Мультистабильность в моделях динамики миграционно-связанных популяций с возрастной структурой // Нелинейная динамика. 2014. Т. 10, № 4. С. 407–425.
5. Кулаков М.П., Фрисман Е.Я. Бассейны притяжения кластеров в системах связанных отображений // Нелинейная динамика. 2015. Т. 11, № 1. С. 51–76.
6. Фрисман Е.Я., Неверова Г.П., Кулаков М.П., Жигальский О.А. Явление мультирежимности в популяционной динамике животных с коротким жизненным циклом // Доклады Академии наук. 2015. Т. 460, № 4. С. 488–493.
7. Фрисман Е.Я., Неверова Г.П., Ревуцкая О.Л., Кулаков М.П. Режимы динамики модели двухвозрастной популяции // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2010. Т. 18, № 2. С. 111–130.
8. Abrams D. M., Strogatz S.H. Chimera states for coupled oscillators // Physical review letters. 2003. Vol. 93, N 17. P. 1–4.
9. Bogomolov S.A., Slepnev A.V., Strelkova G.I., Scholl E., Anishchenko V.S. Mechanisms of appearance of amplitude and phase chimera states in ensembles of nonlocally coupled chaotic systems // Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. 2016. Vol. 43. P. 25–36. DOI: 10.1016/j.cnsns.2016.06.024.
10. Frisman E.Ya., Neverova G.P., Revutskaya O.L., Complex Dynamics of the Population with a Simple Age Structure // Ecological Modelling. 2011. Vol. 222. P. 1943–1950.
11. Kaneko K. Relevance of dynamic clustering to biological network // Phisica D: Nonlinear Phenomena. 1994. Vol. 75. P. 55–73.
12. Kuramoto Y., Battogtokh D. Coexistence of coherence and incoherence in nonlocally coupled phase oscillators // Nonlinear Phenomena in Complex Systems. 2002. Vol. 5, N 4. P. 380–385.
13. Omelchenko I., Maistrenko Y., Hövel P., Schöll E. Loss of coherence in dynamical networks: spatial chaos and chimera states // Physical Review Letters. 2011. Vol. 106, Issue. 23, 234102. DOI: 10.1103/PhysRevLett.106.234102.

The article deals with the problem of clustering in the systems of non-locally coupled populations, inhabiting the one-dimensional ring-shaped habitat. Every single system represents a model of two-age population, and coupling represents the migration of adult individuals. We study the dependence of spatial-temporal dynamics patterns on the initial conditions and control parameters. It was found out, that each cluster can show fluctuations of different character (oscillations with different periods, or the absence of oscillations in some clusters).

Keywords: age structure, migration, spatial-temporal dynamics, cluster, chimera.