

ГЛОБАЛЬНАЯ ГЕОПОЛИТИЧЕСКАЯ ПСИХОДИНАМИКА

К.Э. Плехотников

¹Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, адрес: 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, МГУ имени М.В. Ломоносова Дом 1, строение 2,

Физический Факультет

²Финансовый университет при Правительстве РФ, адрес: Российская Федерация, 125167, Москва, проспект Ленинградский, д. 49/2

psygma@yandex.ru

Аннотация. В работе моделируется глобальная геополитическая психодинамика. Поверхность суши земного глобуса специальным образом разбивается на отдельные регионы, именуемые геопатомами. Определяется единое целевое пространство для всего ансамбля геопатомов. Целевое пространство параметризуется отрезком $[0,1]$. Особую роль выполняют три целевые точки, маркируемые числами 0, 0.5 и 1. Перечисленные три целевые точки определяют: стремление геопатомов к отдельному существованию для цели 0, к объединению в крупные ассоциации для цели 1 и в отсутствии стремления к первым двум целям для цели 0.5. Все геопатомы ансамбля классифицируются, как геопатомы целей 0, 0.5 и 1. Для описания индивидуального поведения отдельных геопатомов, а также групп геопатомов ансамбля в целевом пространстве привлекается математическая модель психифизики, разработанная автором ранее. В целевом пространстве движение геопатомов описывается в терминах “воли”, “свободы”, “силы” и “власти”, которые определены и исчислены в модели психифизики. С помощью вычислительного эксперимента изучаются различные типы психодинамики в целевом пространстве малоранговых и крупноранговых ассоциаций геопатомов. Показано, что все типы психодинамики можно грубо поделить на две категории: неограниченно длящиеся квазипериодические движения и режимы, в которых динамика геопатомов может прекратиться. Наличие последнего режима принципиально отличает психодинамику от обычной динамики во времени. В работе вычислен единый пси(гео)физический индекс для всех государств на глобусе, который описывает соотношение психифизики и геофизики в устройстве каждого из государств, он меняется в диапазоне $[0,100\%]$. Проводится первичный анализ, найденных значений, приводится таблица значений индекса для 171 государства и территорий с иным статусом. Обнаружен ряд государств (территорий), имеющих значения индекса, как 0%, так и 100%. Крупные страны такие как Россия, Китай, Бразилия, Соединенные Штаты Америки, Канада, Индия имеют значения индекса 40%, 45%, 46%, 52%, 54%, 56% соответственно, при этом все значения пребывают в окрестности 50%. Для мира в целом индекс оказался равным значению 63.3%.

Ключевые слова: геополитическая психодинамика, целевое пространство, геопатомы, крупно (мало) ранговые кластеры, воля, свобода, сила, власть.

1. Введение

Ранее автором были разработаны математические модели геополитики [1,2], а также сформулировано и исчислено понятие силы в геополитике [3]. Кроме того, еще раньше в том числе и для целей моделирования глобальной общественной динамики была разработана математическая модель психифизики (Психифизика: к теории взаимодействия оператора с устройством) [4]. Модель психифизики позволила описать произвольный субъект историко-политической динамики в терминах “воли”, “свободы”, “силы” и “власти”. Выделенные четыре понятия определены и исчислены в модели психифизики.

В данной математической модели проводится соединение геополитики с моделью психифизики. Под психодинамикой глобальной геополитики понимается движение в целевом пространстве отдельных ее фрагментов ранее названных геопатомами (ГЕОПолитические АТОМЫ) [5].

Считается, что каждый из геопатомов обладает атрибутами воли, свободы, силы и власти. Целевое пространство, в котором позиционируются геопатомы задается парой глобальных целей, именуемых “царством свободы” и “царством необходимости”. Две глобальные цели взаимно исключают друг друга, между ними имеет место взаимное противостояние, которое характеризуется мерой, именуемой силой. Изучение психодинамики геопатомов в целевом пространстве в пределах двух глобальных целей — основная задача данной математической модели. Помимо геопатомов, придерживающихся целей достижения царств свободы и необходимости, есть еще группы геопатомов “центра”, которые не преследуют целей первых двух типов.

2. Плотность емкости среды обитания

В авторской модели геополитики было введено центральное понятие — “емкость среды обитания”. Данное понятие позволило отделить политическую конъюнктуру в лице народов, плотности их расселения, территорий их проживания, а также текущие политические предпочтения от геополитики, которая определяется объективными геофизическими обстоятельствами. Геополитика — это климат, рельеф, особенности логистики глобальных товарных потоков, геополитическое противостояние в терминах “море – континент”, т.е. все то, что составляет материальный комплекс условий, сопровождающий существование жителей Земли. Данный комплекс, в значительной степени, опосредует поведение народонаселения с политической точки зрения. В модели геополитики осуществлено уточнение и обобщение общепринятой геополитической классификации территорий в терминах ориентации и позиционирования либо на море, либо на континент.

Определим плотность емкости среды обитания, h , которая является функцией таких климатических характеристик, как среднегодовая температура, T и среднегодовое количество осадков, Q . В предыдущих работах автора рассмотрена следующая функциональная зависимость:

$$h = h(T, Q) = e^{a_1 + a_2 |T/T_{\text{comfort}} - 1|^\alpha + a_3 |Q/Q_{\text{comfort}} - 1|^\beta}, \quad (1)$$

где $a_1, a_2, a_3, \alpha, \beta, T_{\text{comfort}}, Q_{\text{comfort}}$ — некоторые константы.

Константы в формуле (1) были оценены с учетом реальных климатических данных, взятых с сайта¹. Были выбраны подходящие данные для среднегодовой температуры² и осадков³ (данные, датируемые 1995 г.), они были представлены в виде матриц, размером 360×720 , что соответствует разрешению по широте и долготе в 0.5° . На рис.1,а приведено распределение

¹ <http://climate.geog.udel.edu>

² http://climate.geog.udel.edu/html_pages/README.lw2.html

³ http://climate.geog.udel.edu/html_pages/README.lw.html

среднегодовой температуры, а на рис.1,б — среднегодовых осадков в виде трехмерных поверхностей в координатах “широта – долгота”.

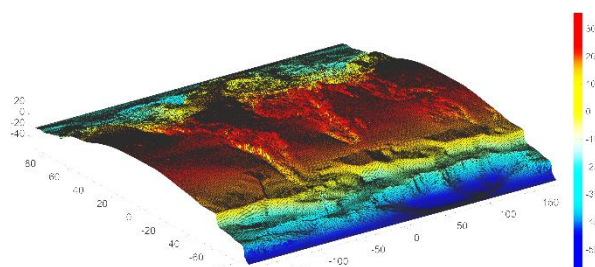


Рис.1,а. Поверхность распределения среднегодовой температуры в координатах “широта – долгота” (в градусах Цельсия)

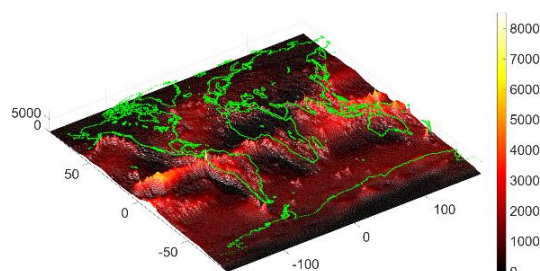


Рис.1,б. Поверхность распределения среднегодовых осадков в координатах “широта – долгота” (в миллиметрах)

Комфортные значения температуры, T_{comfort} и осадков, Q_{comfort} были найдены с помощью средневзвешенной процедуры, где в качестве весов выступала плотность народонаселения Земли, приведенная на ресурсе⁴. По материалам указанного ресурса на рис.2,а построена поверхность десятичного логарифма плотности народонаселения (на 2000 г.), которая выражалась в единицах чел./км². Из карты следует, что плотность варьируется от 0 до 10^4 чел./км². Оказалось, что $T_{\text{comfort}} = 18.5775^{\circ}\text{C}$, $Q_{\text{comfort}} = 1200.2$ мм.

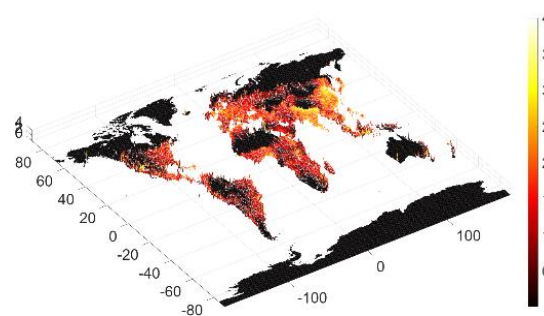


Рис.2,а. Десятичный логарифм плотности народонаселения, выраженной в единицах чел./км²

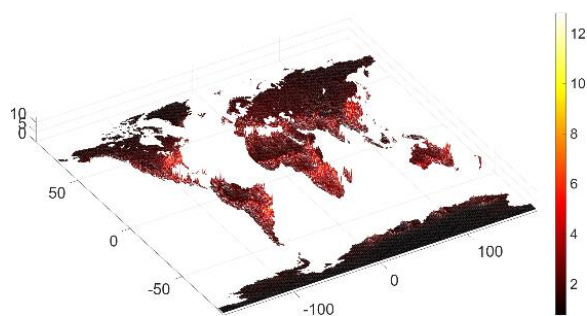


Рис.2,б. Распределение плотности емкости среды обитания в координатах “широта – долгота”

Параметры a_1 , a_2 , a_3 в формуле (1) были подсчитаны ранее в предыдущей работе автора, исходя из того, что формула (1) задает регрессионную модель для подсчета плотности емкости среды обитания. В итоге оказалось, что $a_1 = 3.4189$, $a_2 = -1.6624$, $a_3 = -1.4789$. Были также подобраны значения параметров α и β . Считалось, что $\alpha = 0.2$, $\beta = 0.2$.

Итоговая поверхность плотности емкости среды обитания, h в зависимости от широты и долготы приведена на рис.2,б. Диапазон изменения плотности емкости среды обитания составил $[0, 12.83]$. Отметим, что абсолютные значения плотности емкости среды обитания не важны, важны лишь их отношения в различных точках поверхности Земли.

⁴ https://neo.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=SEDAC_POP

Сравнивая в целом поверхности плотности народонаселения (рис.2,а) и плотности емкости среды обитания (рис.2,б) следует отметить их топографическую близость. Отмеченная близость оказалась возможной в связи с тем, что плотность народонаселения прологарифмирована и после этого оказалась визуально сравнимой с плотностью емкости среды обитания. Это же подтверждают оценки коэффициентов корреляции, прологарифмированной плотности народонаселения и плотности емкости среды обитания, Пирсона, Кендалла и Спирмена, равные соответственно значениям 0.5789, 0.7610 и 0.9058.

Особенно большое значение коэффициента корреляции у показателя Спирмена, оно равно 0.9058. Учитывая, что коэффициент корреляции Спирмена является показателем взаимосвязи ранговых переменных, искомая оценка плотности емкости среды обитания (1) без учета абсолютных значений показателя вполне адекватно описывает текущую плотность народонаселения Земли.

3. Произвольная нарезка территории суши поверхности Земли

С учетом плотности емкости среды обитания “нарежем” территорию суши поверхности Земли. Под нарезкой понимается определение N фрагментов суши. В общем случае число фрагментов может меняться от единицы до бесконечности, т.е. $N = 1, 2, \dots$. При $N = 1$ считается, что вся суша Земли является одним-единственным фрагментом. Это тривиальный случай, и он не будет в дальнейшем учитываться, т.к. при такой нарезке у нас нет транспортных затрат, которые связаны с обменом между территориальными фрагментами. По этой причине в дальнейшем считаем, что $N \geq 2$.

Отметим, что произвольная нарезка на N фрагментов при $N \geq 2$ процедура крайне неоднозначная, т.к. может существовать бесконечное количество нарезок с одним и тем же числом фрагментов N . Необходимо на фоне всей этой неоднозначности нарезок территории суши выделить некоторые устойчивые, статистические инвариантные конфигурации фрагментов территории суши. Упомянутый выше статистический поиск инвариантных конфигураций фрагментов суши предполагает использование метода статистических испытаний или метод Монте-Карло.

Сформулируем алгоритм случайного распределения N точек на поверхности суши с учетом плотности емкости среды обитания. Определим многоугольники Вороного для каждой из точек. На базе этих многоугольников будет рассмотрена одна из возможных нарезок территории суши поверхности Земли.

Определим в пределах среды обитания на поверхности Земли N точек с координатами $z_i = (\varphi_i, \lambda_i)$, $i = 1, \dots, N$, где φ_i — широта, λ_i — долгота i -точки. В дальнейшем считаем, что широта и долгота соответственно меняются, либо в пределах $[-90^\circ, 90^\circ]$, $[-180^\circ, 180^\circ]$, либо — $[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$, $[-\pi, \pi]$, когда выбираются градусы или радианы при измерении углов. Будем полагать, что все точки локализованы в пределах области суши, которую обозначим, как *Land*.

Пусть каждой точке z_i соответствует некоторая область ω_i . В результате высказанных соображений глобальную емкость среды обитания,

$$U = \iint_{Land} d\varphi d\lambda \cdot \cos \varphi \cdot h(T(\varphi, \lambda), Q(\varphi, \lambda)), \quad (2)$$

можно переписать в виде:

$$U = \sum_{i=1}^N u_i, u_i = \iint_{\omega_i} d\varphi d\lambda \cdot \cos \varphi \cdot h. \quad (3)$$

С учетом (2), (3) понятно, что $Land = \cup_{i=1}^N \omega_i$, т.е. набор областей $\{\omega_1, \dots, \omega_N\}$ определяет некоторое разбиение на подобласти всю сушу земной поверхности.

Учтем то обстоятельство, что наши данные определены на поверхности Земли с разрешением 0.5^0 . Считая, что $\varphi_i = \frac{\pi}{180}(-89.75 + 0.5(i - 1))$, $\lambda_j = \frac{\pi}{180}(-179.75 + 0.5(j - 1))$, $i = 1, \dots, 360$, $j = 1, \dots, 720$, на поверхности Земли можно расположить сетку с узлами в точках $g_{i,j} = (\varphi_i, \lambda_j)$, $i = 1, \dots, 360$; $j = 1, \dots, 720$. Всего таких узлов будет $N_{Sphere} = 360 \times 720 = 259'200$. Среди всех узлов N_{Sphere} сетки отберем те, которые относятся к суше. Пусть величина N_{Land} обозначает число узлов сетки, которая относится к суше.

Введем обозначения для координат точек на поверхности суши: $z_k = (\varphi_k, \lambda_k)$, $k = 1, \dots, N_{Land}$. По формуле (1) подсчитаем плотность емкости среды обитания h_k , $k = 1, \dots, N_{Land}$ в каждой из отобранных точек суши. Определим вероятности случайного отбора каждой из точек суши согласно следующему дискретному распределению:

$$p_k = \frac{h_k \cos \varphi_k}{\sum_{l=1}^{N_{Land}} h_l \cos \varphi_l}, k = 1, \dots, N_{Land}. \quad (4)$$

Распределение (4) действительно дискретное распределение вероятностей, т.к. $p_k \geq 0$, $k = 1, \dots, N_{Land}$ и $\sum_{k=1}^{N_{Land}} p_k = 1$. Оказалось, что $N_{Land} = 81'192$, при этом отношение $N_{Land}/N_{Sphere} \cong 0.3132$ несколько больше известного соотношения поверхностей суши и океана, равного 0.292 . Эту разницу можно связать с использованием достаточно грубой сетки долгот и широт с разрешением 0.5^0 .

С учетом (4) можно использовать метод Монте-Карло для разыгрывания процедуры случайного позиционирования N точек в пределах суши. Для уточнения процедуры случайного отбора определим кумулятивную вероятность дискретной случайной величины (4) в виде последовательности $P_k = \sum_{l=1}^k p_l$, $k = 1, \dots, N_{Land}$, при этом $P_1 = p_1, \dots, P_{N_{Land}} = 1$.

Выберем некоторое равномерно случайное число ξ из отрезка $[0,1]$, тогда ему будет отвечать номер точки $k(\xi) \in \{1, \dots, N_{Land}\}$ согласно формуле:

$$k(\xi) = \begin{cases} 1, & \xi < P_1; \\ 2, & P_1 \leq \xi < P_2; \\ \dots & \\ N_{Land}, & P_{N_{Land}-1} \leq \xi < P_{N_{Land}}. \end{cases} \quad (5)$$

В итоге с учетом (4), (5) определен алгоритм генерации случайного набора N точек $\{z_{k_1}, \dots, z_{k_N}\}$ из набора имеющихся $\{z_1, \dots, z_{N_{Land}}\}$. В общем

случае среди выборки из N точек $\{z_{k_1}, \dots, z_{k_N}\}$ некоторые из них могут повторяться. Учитывая, что в дальнейшем выборка точек не будет превышать значение, 10^4 , т.е. $N \leq 10^4$, а $N_{Land} = 81'192 \gg 10^4 \geq N$, возможные повторы точек в выборке будем игнорировать.

На рис.3 приведен пример случайного распределения методом Монте-Карло в рамках процедуры (4), (5) и при $N = 5 \cdot 10^3$ точек на поверхности суши. Там же с учетом береговой линии и полюсов нанесены соответствующие многоугольники Вороного. Случайные точки изображены маркерами в виде синих точек, а сами многоугольники Вороного помечены случайными цветами.

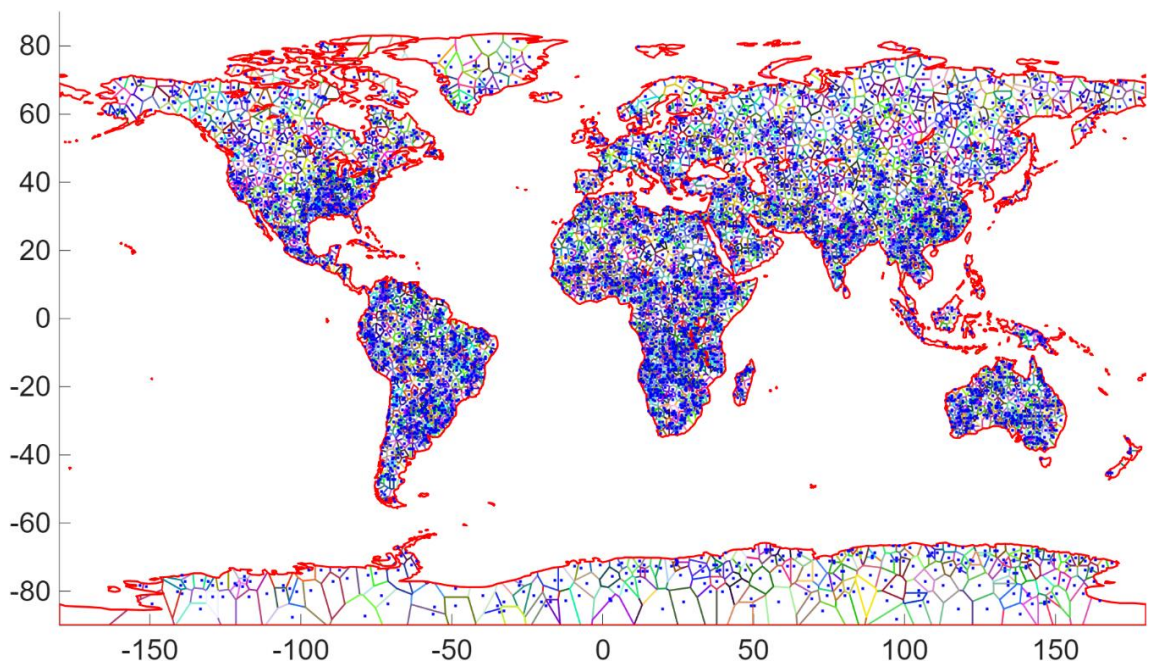


Рис.3. Карта поверхности Земли со случайным набором из $N = 5 \cdot 10^3$ точек в пределах суши и многоугольниками Вороного

В расчете, итоги которого приведены на рис.3, были подсчитаны: доля площади многоугольников Вороного, S_{Land} а также емкость среды обитания, U_{Land} приходящихся на сушу. Оказалось, что $S_{Land} = 0.2897$, $U_{Land} = 6.1396$. Таким образом, такой показатель, как доля суши на поверхности Земли, $S_{Land} = 0.2897$ оказалась близкой к известному показателю.

4. Определение трафика между территориями

Следуя одной из предыдущих работ автора, определим трафик между территориями в связи с энергетическими затратами на него. Введем “обобщенное расстояние” между территориями, которое связано с учетом рельефа и затрат на его преодоление в связи с трафиком.

Вначале определим беззатратный трафик. Введем матрицу $\{\alpha_{i,j}\}$, $i, j = 1, \dots, N$, элементы которой характеризуют передачу доли i -й емкости среды обитания, u_i в j -ю емкость среды обитания, u_j в связи с трафиком. Матрица $\{\alpha_{i,j}\}$, $i, j = 1, \dots, N$ выступает в качестве меры обмена емкостью среды

обитания между набором территорий, связанных с точками $z_i = (\varphi_i, \lambda_i)$, $i = 1, \dots, N$ на поверхности Земли. Согласно определению, следует, что

$$\sum_{j=1}^N \alpha_{i,j} = 1, \quad (6)$$

где $\alpha_{i,i}$ — доля i -й емкости среды обитания не подверженная трафику, т.е. это та доля, которая остается внутри i -й территории. Набор емкостей среды обитания территорий u_i , $i = 1, \dots, N$ выступает в качестве некоторого ресурса, который в контексте трафика считается универсальным и аддитивным.

Пусть теперь при перемещении части емкости среды обитания из пункта i в пункт j доля ресурса $\gamma_{i,j}$ вследствие трафика теряется, считаем при этом, что $0 \leq \gamma_{i,j} \leq 1$, $i \neq j$; $i, j = 1, \dots, N$. Полагаем, что в пределах логистического пункта затраты отсутствуют, т.е. $\gamma_{i,i} = 0$, $i = 1, \dots, N$. Матрицу $\{\gamma_{i,j}\}$, $i, j = 1, \dots, N$ назовем матрицей затрат на транспорт. С учетом (6) составим функционал, Tr всех транспортных затрат:

$$Tr = 2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, j \neq i}^N \alpha_{i,j} \gamma_{i,j} u_i. \quad (7)$$

Для дальнейшего изучения функционала транспортных затрат (7) необходимы дополнительные уточнения вида матриц $\{\alpha_{i,j}\}$, $\{\gamma_{i,j}\}$, $i, j = 1, \dots, N$. Привлечем к рассмотрению хорошо известную в теории транспортных потоков так называемую гравитационную модель [6,7], в которой вводится некоторое “обобщенное расстояние”, $d_{i,j}$ ($d_{i,j} \geq 0$) между i -й и j -й территориями. Отметим, что матрица расстояний $\{d_{i,j}\}$, $i, j = 1, \dots, N$, вообще говоря, не является симметричной, т.е. $d_{i,j} \neq d_{j,i}$, тогда как по определению считается, что $d_{i,i} = 0$, $i = 1, \dots, N$. Отметим, что из условия $d_{i,j} = 0$ не обязательно следует, что точки z_i и z_j совпадают в физическом пространстве.

Выберем экспоненциальную зависимость коэффициентов матриц $\{\alpha_{i,j}\}$, $\{\gamma_{i,j}\}$, $i, j = 1, \dots, N$ от обобщенного расстояния, тогда можно записать следующие представления:

$$\alpha_{i,j} = \frac{e^{-\beta d_{i,j}}}{\sum_{k=1}^N e^{-\beta d_{i,k}}}, \quad \gamma_{i,j} = \frac{1}{2} r (1 - e^{-\beta_2 d_{i,j}}), \quad (8)$$

где β, β_2, r — некоторые неотрицательные параметры. Непосредственной проверкой можно убедиться в выполнении для матрицы $\{\alpha_{i,j}\}$, $i, j = 1, \dots, N$ в форме (8) условия (6). Согласно (8) при $d_{i,j} = 0$ затраты на транспорт отсутствуют, т.е. $\gamma_{i,j} = 0$. Наконец, при $\beta_2 \rightarrow \infty$ и при $d_{i,j} \neq 0$ следует, что $\gamma_{i,j} \rightarrow \frac{1}{2} r$, т.е. доля затрат на транспорт становится постоянной величиной, равной $\frac{1}{2} r$. Из последнего замечания следует, что $0 \leq r \leq 2$.

Подставим (8) в (7), тогда найдем следующее выражение для суммарных затрат на транспорт:

$$Tr = r \sum_{i=1}^N [1 - \sum_{k=1}^N e^{-(\beta+\beta_2)d_{i,k}} / \sum_{k=1}^N e^{-\beta d_{i,k}}] u_i. \quad (7')$$

Для транспортных затрат в форме (7') характерны следующие свойства, проверяемые непосредственно. Во-первых, когда расстояние между точками становится нулевым, т.е. $d_{i,j} = 0$, $i, j = 1, \dots, N$, затраты на транспорт отсутствуют, $Tr = 0$. Во-вторых, когда расстояние между точками стремится к бесконечности, т.е. $d_{i,j} \rightarrow \infty$, $i \neq j$; $i, j = 1, \dots, N$, затраты на транспорт в силу

выбранных зависимостей (8) также стремятся к нулю, $Tr \rightarrow 0$. Отметим, что расстояние, равное нулю, либо стремящееся к бесконечности между парой точек, не означает, что точки сливаются или расходятся на бесконечность.

Рассмотрим транспортные затраты в форме (7') как функцию параметра β_2 , т.е. $Tr = Tr(\beta_2)$. В этом случае очевидно, что $Tr(0) \equiv 0$. Пусть теперь $\beta_2 \rightarrow \infty$, тогда $Tr(\beta_2) \rightarrow Tr(\infty) = r \sum_{i=1}^N [1 - 1/\sum_{k=1}^N e^{-\beta d_{i,k}}] u_i$. Для последнего функционала транспортных затрат очевидно, что глобальный минимум, равный нулю, достигается только в том случае, когда расстояния между точками стремятся к бесконечности. Именно последний вариант функционала будет рассмотрен в дальнейшем. В этом случае точки не смогут собраться вместе, они будут “отталкиваться” и заполнят максимум среды обитания, т.к. “заперты” на поверхности земной сферы.

В предыдущей работе автора условие предельного перехода $\beta_2 \rightarrow \infty$ было названо “**минимаксной транспортной доктриной**”, которая расшифровывается согласно формуле: *минимум транспортных издержек при максимуме заполнения емкости среды обитания*.

С учетом минимаксной транспортной доктрины глобальные затраты на трафик (7') можно переписать в виде:

$$Tr = \sum_{i,j=1}^N Tr_{i,j}, Tr_{i,j} = r u_i A_{i,j}, \quad (7'')$$

где $A_{i,j} = \alpha_{i,j}(1 - \delta_{i,j})$, $i, j = 1, \dots, N$, $\delta_{i,j}$ — символ Кронекера, т.е. $\delta_{i,i} = 1$, $\delta_{i,j} = 0$, когда $i \neq j$. Отметим, что, согласно (7''), $Tr_{i,i} = 0$, т.к. $A_{i,i} = 0$, $i = 1, \dots, N$. Очевидно, что элементы матриц $\{A_{i,j}\}$, $i, j = 1, \dots, N$ совпадают с элементами матрицы $\{\alpha_{i,j}\}$, $i, j = 1, \dots, N$ кроме диагональных элементов, где стоят нули.

Элементы матрицы транспортных затрат $\{Tr_{i,j}\}$, $i, j = 1, \dots, N$ в (7'') имеют прозрачный физический смысл. Они обозначают часть емкости среды обитания i -й территории, которая тратится на трафик в j -ю территорию. Отметим, что емкости среды обитания всех территорий суши $\{u_i\}$, $i = 1, \dots, N$ выступают в качестве универсального ресурса, обеспечивающего трафик между территориями. В итоге для каждой i -й территории можно составить вектор затрат на трафик $Tr_{i,:} = (Tr_{i,1}, \dots, Tr_{i,N})$. Перейдем к краткому изложению метода построения матрицы обобщенных расстояний $\{d_{i,j}\}$, $i, j = 1, \dots, N$.

5. Подсчет матрицы обобщенных расстояний

Для определения алгоритма подсчета матрицы расстояний $\{d_{i,j}\}$, $i, j = 1, \dots, N$ выскажем ряд физических соображений об энергетических затратах по перемещению одной условной единицы веса груза из пункта $z_1 = (\varphi_1, \lambda_1)$ в пункт $z_2 = (\varphi_2, \lambda_2)$. Пусть определен маршрут перемещения груза в виде линии: $\varphi = \varphi(s)$, $\lambda = \lambda(s)$, $0 \leq s \leq l$. В качестве аргумента параметризации линии выступает длина линии, s , изменяющаяся от нуля до своего максимального значения, l , равного длине маршрута, при этом считается, что $\varphi_1 = \varphi(0)$, $\lambda_1 = \lambda(0)$ и $\varphi_2 = \varphi(l)$, $\lambda_2 = \lambda(l)$.

Пусть в начале маршрут движения полностью расположен на поверхности суши. В этом случае энергетика затрат на перемещение одной условной единицы веса груза складывается из трех характерных вариантов движений: 1) вертикальное перемещение груза вверх в связи особенностями рельефа; 2) вертикальное опускание груза в связи с особенностями рельефа; 3) перемещение груза по наклонной поверхности. Первые два пункта вариантов движения описывают энергетические затраты по перемещению груза “вверх – вниз”. Последний пункт характеризуется, главным образом, энергетическими затратами на преодоление трения качения в рамках таких видов транспорта, как автомобильный и железнодорожный. Пусть $Z = Z(\varphi, \lambda)$ — рельеф поверхности суши, тогда для выбранного маршрута перемещения условной единицы массы груза можно записать функцию $Z(s) = Z(\varphi(s), \lambda(s))$, $0 \leq s \leq l$.

С учетом высказанных физических соображений запишем формулу для подсчета обобщенного расстояния по выбранной траектории между парой пунктов z_1 и z_2 , d_{earth} :

$$d_{\text{earth}} = g_1 \int_0^l \frac{dz}{ds} \kappa \left(\frac{dz}{ds} \right) ds - g_2 \int_0^l \frac{dz}{ds} \kappa \left(-\frac{dz}{ds} \right) ds + g_3 \int_0^l \sqrt{1 - \left(\frac{dz}{ds} \right)^2} ds, \quad (9)$$

где $\kappa(t) = 1$, $t \geq 0$; $\kappa(t) = 0$, $t < 0$ — так называемая “единичная” функция. Параметры g_1, g_2, g_3 характеризуют вклад каждого из видов движений по перемещению одной условной единицы массы груза. Интегралы, входящие в (9) названы в предыдущих работах автора транспортными интегралами.

Пусть теперь маршрут движения одной условной единицы массы груза лежит полностью в море, т.е. и пункты отправки, прибытия, и все прочие точки маршрута лежат на поверхности моря. В этом случае энергетические затраты по перемещению одной единицы веса условного груза морским транспортом связаны с преодолением вязкого трения. Для подсчета расстояния по выбранной траектории между парой пунктов z_1 и z_2 , d_{sea} можно воспользоваться формулой (9). Считаем, что водный транспорт движется по горизонтальной поверхности, для которой можно считать, что $dZ/ds = 0$. Учитывая последний интеграл в (9) и производя элементарное интегрирование, запишем соответствующий транспортный интеграл в виде:

$$d_{\text{sea}} = g_4 l, \quad (10)$$

где g_4 — неотрицательный параметр, учитывающий усредненные особенности вязкого трения в водной среде совокупного водного транспорта.

Отметим, что произвольный маршрут между пунктом отправления и назначения можно разбить на этапы движения только по суше или только по морю. Применяя к каждому этапу либо формулу (9), либо формулу (10) и складывая полученные значения, найдем итоговое расстояние между парой пунктов. Расстояния, подсчитанные по формулам (9), (10), не являются расстояниями в обычном смысле слова. Они скорее выступают в качестве эффективных расстояний, которые всегда можно измерить, подсчитав среднюю энергию по перемещению одной условной единицы массы груза из пункта отправки в пункт назначения.

Соображения о выборе значений параметров g_1, g_2, g_3, g_4 были подробно изложены в работах автора [1,2], посвященной математическому моделированию геополитики. Считаем, что

$$g_1 = 1, g_2 = 1, g_3 = 10^{-3}, g_4 = 1.3639 \cdot 10^{-3}. \quad (11)$$

Для подсчета обобщенного расстояния (9), (10) между произвольной парой точек на поверхности Земли $z_1 = (\varphi_1, \lambda_1), z_2 = (\varphi_2, \lambda_2)$ построим полную окружность Земли, проходящую через заданную пару точек. Считаем, что полная окружность лежит в плоскости, проходящей через центр Земли. Определим два единичных по длине вектора $\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2$, которые указывают на пару выбранных точек $z_1 = (\varphi_1, \lambda_1), z_2 = (\varphi_2, \lambda_2)$, тогда

$$\mathbf{n}_k = (\cos \lambda_k \cos \varphi_k, \sin \lambda_k \cos \varphi_k, \sin \varphi_k), k = 1, 2. \quad (12)$$

Пусть вектор $\mathbf{n} = (n_x, n_y, n_z)$ единичной длины указывает на произвольную точку полной окружности, проходящей через выбранную пару точек. Понятно, что вектор \mathbf{n} лежит в плоскости, образованной векторами $\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2$. Учитывая (12), после несложных преобразований, найдем

$$\mathbf{n} = \mathbf{n}(s) = \frac{\sin(\theta-s)}{\sin \theta} \mathbf{n}_1 + \frac{\sin s}{\sin \theta} \mathbf{n}_2, \quad (13)$$

где θ — угол между парой векторов $\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2$, причем $(\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2) = \cos \theta$. Согласно (13) очевидно, что $\mathbf{n}(0) = \mathbf{n}_1$ и $\mathbf{n}(\theta) = \mathbf{n}_2$. Угол θ можно подсчитать по формуле:

$$\theta = \begin{cases} \pm \arccos(\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2), & (\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2) \geq 0; \\ \pm \pi \mp \arccos|(\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2)|, & (\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2) < 0; \end{cases} \quad (14)$$

в дальнейших расчетах выбирался верхний знак.

Учитывая (13), а также считая, что $\mathbf{n}(s) = (\cos \lambda(s) \cos \varphi(s), \sin \lambda(s) \cos \varphi(s), \sin \varphi(s))$, найдем параметрическую запись полной окружности в координатах “широта – долгота”:

$$\varphi = \varphi(s) = \arcsin(n_z) = \arcsin \left[\frac{\sin(\theta-s)}{\sin \theta} \sin \varphi_1 + \frac{\sin s}{\sin \theta} \sin \varphi_2 \right], \quad (15)$$

$$\lambda = \lambda(s) = \arctg \frac{n_y}{n_x} = \arctg \frac{\sin(\theta-s) \sin \lambda_1 \cos \varphi_1 + \sin s \sin \lambda_2 \cos \varphi_2}{\sin(\theta-s) \cos \lambda_1 \cos \varphi_1 + \sin s \cos \lambda_2 \cos \varphi_2}. \quad (15')$$

Отметим, что формула (15') верна, когда $n_x > 0$. В двух других случаях: 1) $n_x < 0, n_y > 0$; 2) $n_x < 0, n_y < 0$ к выражению в (15') необходимо добавить и вычесть π соответственно.

Построим вектор единичной длины \mathbf{n}_{dc} , который указывает на точку пересечения полной окружности с линией смены дат. Считаем, что вектор \mathbf{n}_{dc} лежит в одной и той же плоскости, что и векторы $\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2$. Для этого с учетом (15') необходимо решить уравнение $\lambda(s) = \pm \pi$ относительно s . Нам потребуются три корня $r_{dc} \in \{s_{dc}, s_{dc} \pm \pi\}$, где $s_{dc} = \arctg \frac{\sin \theta \sin \lambda_1 \cos \varphi_1}{\cos \theta \sin \lambda_1 \cos \varphi_1 - \sin \lambda_2 \cos \varphi_2}$. Выбирается либо первый корень, либо второй и третий, при котором $n_x(r_{dc}) < 0$. Между вторым и третьим корнями выбор делается в пользу минимального по модулю значения. В этом случае искомый вектор, \mathbf{n}_{dc} , указывающий на линию смены дат, определяется согласно уравнению $\mathbf{n}_{dc} = \mathbf{n}(r_{dc})$.

Малый и большой фрагменты окружности, проходящей через заданную пару точек и центр Земли, описываются формулами (12) — (15'), когда параметр s принимает значения из отрезков $[0, \theta]$ и $[\theta, 2\pi]$ (или $[-2\pi + \theta, 0]$) соответственно. На рис.4 приведен графический пример позиционирования двух

случайных векторов $\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2$ и соответствующего вектора смены дат \mathbf{n}_{dc} . Малый и большой фрагменты окружности помечены маркерами в виде набора пентаграмм и гексаграмм соответственно. Приведены примеры двух случаев, когда вектор смены дат приходится на большой (рис.4,а) и малый (рис.4,б) фрагменты окружности соответственно. С точки зрения параметра s вектор смены дат \mathbf{n}_{dc} приходится на большой фрагмент окружности, когда $r_{dc} \notin [0, \theta]$ и, наоборот, приходится на малый фрагмент окружности, когда $r_{dc} \in [0, \theta]$.

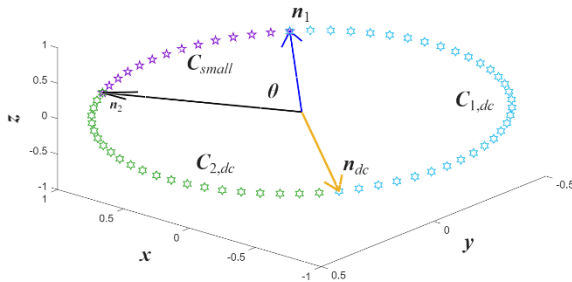


Рис.4,а. Вектор смены дат приходится на большой фрагмент окружности

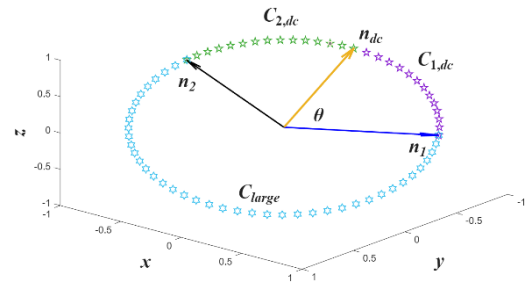


Рис.4,б. Вектор смены дат приходится на малый фрагмент окружности

Векторы $\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2, \mathbf{n}_{dc}$ делят большую окружность на три части. Соберем малый и большой фрагменты большой окружности из трех указанных частей. Пусть C, C_{small}, C_{large} обозначают множества точек, лежащих на всей окружности, а также на ее малом и большом фрагментах соответственно. В этом случае, по определению, $C = C_{small} \cup C_{large}$, при этом $C_{small} = \{\mathbf{n}(s) | s \in [0, \theta]\}$, $C_{large} = \{\mathbf{n}(s) | s \in [\theta, 2\pi]\}$. С учетом рис.4 следует рассмотреть два случая сборки малого и большого фрагментов всей окружности из указанных трех частей:

$$\begin{cases} C_{small}, C_{large} = C_{1,dc} \cup C_{2,dc}, r_{dc} \notin [0, \theta]; \\ C_{small} = C_{1,dc} \cup C_{2,dc}, C_{large}, r_{dc} \in [0, \theta]; \end{cases} \quad (16)$$

где $C_{1,dc}, C_{2,dc}$ — дуги окружности C между парами векторов $\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_{dc}$ и $\mathbf{n}_2, \mathbf{n}_{dc}$ соответственно.

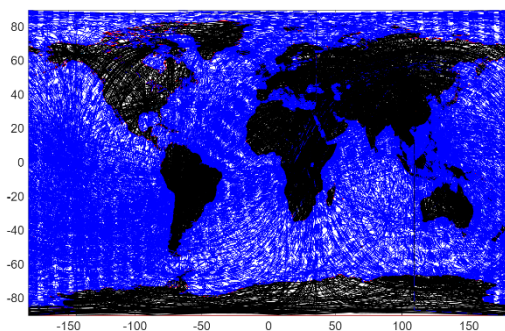


Рис.5,а. Проекция на прямоугольник “широта – долгота” больших окружностей, соединяющих попарно $N = 50$ точек

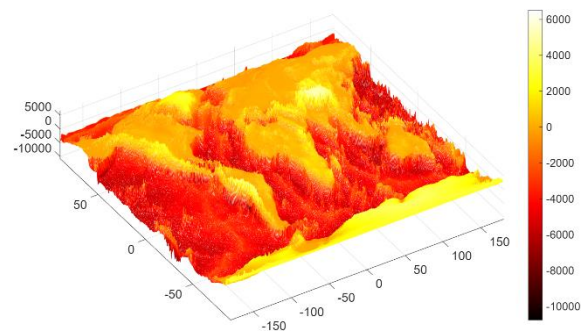


Рис.5,б. Карта рельефа поверхности Земли

На рис.5,а приведен пример позиционирования $N = 50$ точек на поверхности суши. Точки выбраны случайно согласно алгоритму раздела №3, т.е. с учетом плотности емкости среды обитания. Построены все большие

окружности в количестве $\frac{50 \times 49}{2} = 1'225$, соединяющих каждую пару точек. Кроме того, окружности размечены в части их прохождения по суше (сплошная черная линия), и по морю (пунктирная синяя линия).

Согласно формуле (9) для подсчета эффективного расстояния по перемещению одной условной единицы массы груза на поверхности Земли важно знать производную рельефа $Z = Z(\varphi, \lambda)$ по маршруту, который опишем некоторой траекторией. На рис.5,б приведена карта рельефа поверхности Земли в координатах широта – долгота. Пусть, например, между парой точек $z_1 = (\varphi_1, \lambda_1)$, $z_2 = (\varphi_2, \lambda_2)$ проложен маршрут такой, что $\varphi = \varphi(s)$, $\lambda = \lambda(s)$, где s — параметр, описывающий пройденный путь от начальной точки. В этом случае очевидно, что $\frac{dZ}{ds} = \frac{\partial Z}{\partial \varphi} \frac{d\varphi}{ds} + \frac{\partial Z}{\partial \lambda} \frac{d\lambda}{ds}$.

В качестве маршрута между парой точек на поверхности земной сферы выберем последовательно оба фрагмента (малый и большой) полной окружности, проходящей через пару точек. Подходящая траектория представлена в виде формул (15), (15'). Осталось найти производные. После несложных выкладок получим:

$$\frac{d\varphi}{ds} = \frac{-\cos(\theta-s) \sin \varphi_1 + \cos s \sin \varphi_2}{\sqrt{\sin^2 \theta - [\sin(\theta-s) \sin \varphi_1 + \sin s \sin \varphi_2]^2}}, \quad (17)$$

$$\frac{d\lambda}{ds} = \frac{\sin \theta \sin(\lambda_2 - \lambda_1) \cos \varphi_1 \cos \varphi_2}{\sin^2 \theta - [\sin(\theta-s) \sin \varphi_1 + \sin s \sin \varphi_2]^2}. \quad (17')$$

Введем матрицу расстояний $D = \{d_{i,j}, i, j = 1, \dots, N\}$ между всеми парами точек. Определим подобные матрицы расстояний, найденные для малых $D_{\text{small}} = \{d_{\text{small},i,j}, i, j = 1, \dots, N\}$ и больших $D_{\text{large}} = \{d_{\text{large},i,j}, i, j = 1, \dots, N\}$ фрагментов дуг соответствующих полных окружностей. Учитывая перспективу минимизации затрат на трафик, положим, что искомая матрица расстояний D является поэлементным минимумом пары матриц расстояний D_{small} и D_{large} , т.е. $D = \min(D_{\text{small}}, D_{\text{large}}) = \{d_{i,j} = \min(d_{\text{small},i,j}, d_{\text{large},i,j})\}$, $i, j = 1, \dots, N$.

Для подсчета транспортных интегралов в (9) нам необходимы частные производные $\frac{\partial Z}{\partial \varphi}$ и $\frac{\partial Z}{\partial \lambda}$, которые вычислим с помощью конечных разностей с решением рельефа 0.5^0 согласно формулам:

$$\left(\frac{\partial Z}{\partial \varphi}\right)_{i,j} = \frac{60}{\pi}(Z_{i+1,j} + Z_{i+2,j} - Z_{i-1,j} - Z_{i-2,j}), \quad (18)$$

где $i = 3, \dots, 357$; $j = 1, \dots, 720$ и

$$\left(\frac{1}{\cos \varphi} \frac{\partial Z}{\partial \lambda}\right)_{i,j} = \frac{60}{\pi \cos \varphi_i}(Z_{i,j+1} + Z_{i,j+2} - Z_{i,j-1} - Z_{i,j-2}), \quad (18')$$

где $i = 1, \dots, 360$; $j = 1, \dots, 720$, при этом предполагается в (18') периодическое продолжение по индексу j с периодом 720.

Обыкновенные производные $\frac{d\varphi}{ds}$ и $\frac{d\lambda}{ds}$ находились согласно (17), (17'). В остальном фрагмент полной окружности, соединяющий пару точек, делился на части, проходящие отдельно по суше и по морю. Для каждой части строилась подходящая конечно-разностная сетка с числом узлов, адаптированных

под длину Δs выбранной части полной окружности согласно формуле $2 + [n\Delta s]$. В последней формуле параметр n , как правило, выбирался в окрестности 15, а под [...] — понималась целая часть числа.

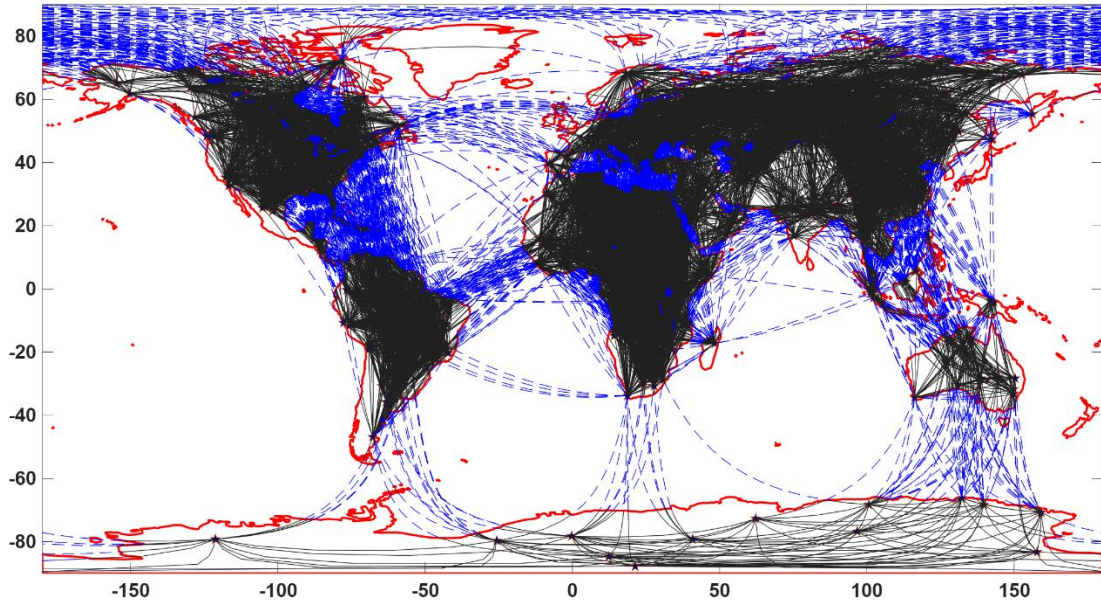


Рис.6. Пример позиционирования $N = 350$ точек (маркеры в виде пентаграмм) в пределах суши, а также малые фрагменты больших окружностей

На рис.6 приведен пример, в котором $N = 350$ точек располагались в пределах суши случайно согласно алгоритму раздела №3. Построены некоторые из минимальных фрагментов больших окружностей, проходящих через соответствующую пару точек. В текущем расчете значения элементов матрицы расстояний D менялись в диапазоне $[1.19 \cdot 10^{-5}, 0.0092]$. Отметим, что матрица рельефа Z , используемая в формулах (18), (18'), была поделена на радиус Земли.

Отметим, что почти всегда $d_{small,i,j} \leq d_{large,i,j}$, $i, j = 1, \dots, N$. С учетом всех $\frac{1}{2}N(N - 1)$ возможных бинарных связей указанное неравенство не выполнялось в $\cong 2.81\%$ случаев.

6. Подсчет и анализ матрицы транспортных затрат

В формуле (7'') приведено выражение для подсчета величины транспортных затрат $\{Tr_{i,j}\}$, $i, j = 1, \dots, N$. В это выражение входит неопределенный параметр β . Для его оценки введем набор векторов $Tc_i = Tr_{i,:}$, $i = 1, \dots, N$, которые характеризуют индивидуальный профиль затрат на трафик каждого из регионов (многоугольников Вороного). Набор векторов Tc_1, \dots, Tc_N это строки матрицы транспортных затрат $\{Tr_{i,j}\}$, $i, j = 1, \dots, N$. Подсчитаем матрицу коэффициентов корреляции $\{Cr_{i,j}\}$, $i, j = 1, \dots, N$ векторов Tc_i , $i = 1, \dots, N$, т.е. $Cr_{i,j} = Corr(Tc_i, Tc_j)$, $i, j = 1, \dots, N$, где функция $Corr(Tc_i, Tc_j)$ возвращает коэффициент корреляции Пирсона между парой векторов Tc_i и Tc_j .

С учетом того, что коэффициент корреляции Пирсона инвариантен относительно линейного преобразования векторов данных оказывается, что

матрица коэффициентов корреляции не зависит от произведения ru_i , $i = 1, \dots, N$ и может быть представлена в виде: $Cr_{i,j} = \text{Corr}(A_{i,:}, A_{j,:})$, $i, j = 1, \dots, N$. Согласно определению в (7'') $A_{i,j} = \alpha_{i,j}(1 - \delta_{i,j})$, при этом под векторами $A_{i,:}$, $i = 1, \dots, N$ понимаются строки матрицы $\{A_{i,j}\}$, $i, j = 1, \dots, N$.

Исходим из дальнейшей перспективы объединения отдельных регионов в более крупные ассоциации. В качестве критерия образования крупных ассоциаций территорий выступает близость индивидуальных профилей затрат на трафик. Рассмотрим в качестве меры близости коэффициент корреляции Пирсона. Подсчитаем число бинарных корреляций $N_{corr} = \sum_{1=i<j=N} (Cr_{i,j} \geq 0.7)$, превышающих пороговое значение 0.7, начиная с которого считается, что корреляция высокая. Подсчитаем и построим величину N_{corr} , как функцию параметра β . Оказалось, что функция $N_{corr} = N_{corr}(\beta)$ имеет максимум. Другими словами, набор векторов Tc_1, \dots, Tc_N максимально коррелирован при некотором значении $\beta = \beta_{max}$, при котором число высоких бинарных коэффициентов корреляции достигает максимума $N_{corr,max} = \max_{\beta} N_{corr}(\beta)$.

На рис.7,а приведена карта высоко коррелированных пар точек, они соединены линиями. Для этих пар коэффициенты корреляции превысили значение 0.92. На рис.7,б приведен график зависимости функции $N_{corr}(\beta)$ от β . В представленном расчете считалось, что $N = 10^3$, было найдено $\beta_{max} = 340$, $N_{corr,max} = 72'179$. Оптимальное значение параметра β_{max} помечено на рис.7,б красным маркером в виде звезды. Отметим, что всего бинарных корреляций $\frac{1}{2}N(N - 1)|_{N=10^3} = 499'500$. Относительное число $\frac{N_{corr,max}}{\frac{1}{2}N(N-1)}$ высоко коррелированных связей составило в процентах значение 14.45%.

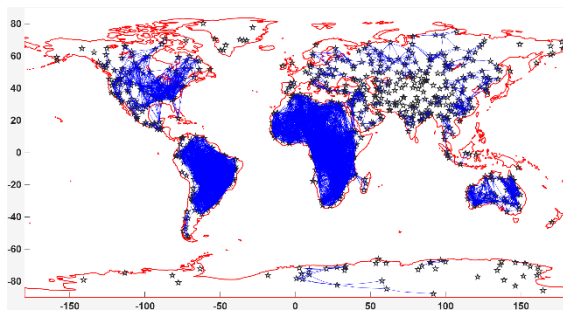


Рис.7,а. Карта высоко коррелированных пар точек

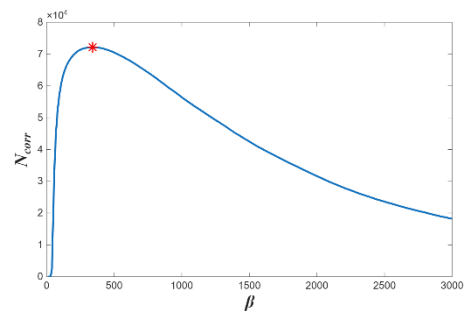


Рис.7,б. График зависимости функции $N_{corr}(\beta)$ от β

Согласно карте рис.7,а ярко выражена близость индивидуальных затрат на трафик выбранных точек в следующих регионах в убывающей последовательности: Африка, Южная Америка, Северная Америка и т.д.

Для агрегирования точек суши в ассоциации привлечем кластерный анализ. В качестве меры близости пары точек согласно профилям трафика выберем так называемое “расстояние Пирсона” $\rho_{i,j} = 1 - Cr_{i,j}$, $i, j = 1, \dots, N$. Расстояние Пирсона принимает значения из отрезка $[0,2]$, при этом расстояние Пирсона тем меньше, чем ближе коэффициент корреляции к единице. На рис.8,а приведен пример гистограммы распределения значений бинарных

расстояний Пирсона $\rho_{1,2}, \rho_{1,3}, \dots, \rho_{N-1,N}$ при $N = 10^3$. Отчетливо видно, что бинарное расстояние Пирсона является бимодальным.

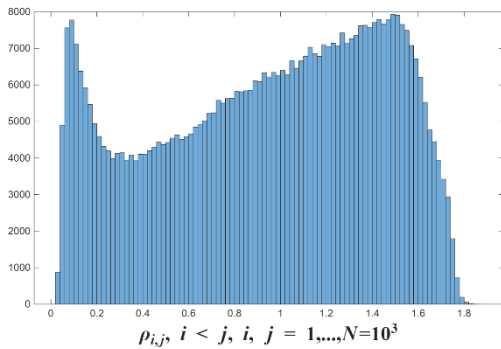


Рис.8,а. Гистограмма расстояний Пирсона

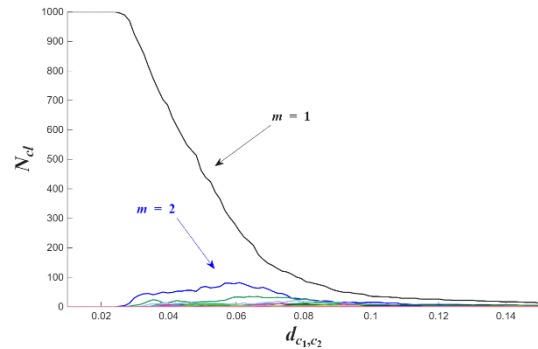


Рис.8,б. Зависимость $N_{cl} = N_{cl}(m, d_{c_1, c_2})$

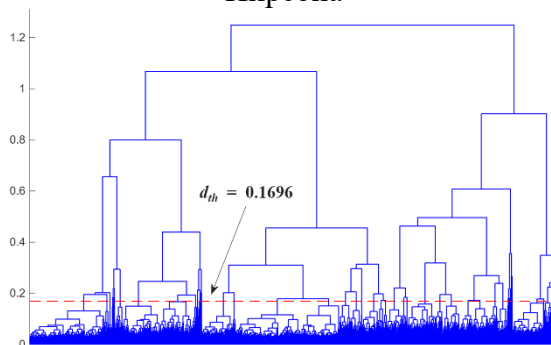


Рис.8,в. Дендрограмма кластерного анализа

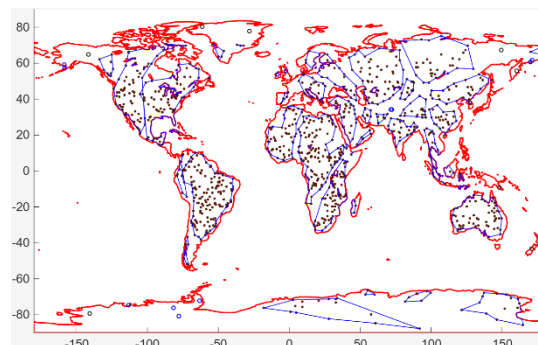


Рис.8,г. Пример использования кластерного анализа

Как известно из теории (алгоритма) кластерного анализа [8], в рамках агломеративной процедуры образования кластеров, стартуют с отдельных наблюдений, которые считаются исходными атомарными кластерами. Далее в нашем случае с помощью расстояния Пирсона находится пара, расстояние между которыми минимально, эти кластеры объединяются в новый кластер уже составной. Далее процедура повторяется, в ней могут участвовать не только атомарные кластеры, но и составные. Расстояние d_{c_1, c_2} между составными кластерами $c_1 = \{i_1, \dots, i_r\}$, $c_2 = \{j_1, \dots, j_t\}$ подсчитаем по формуле средних $d_{c_1, c_2} = \frac{1}{rt} \sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^t \rho_{i_k, j_l}$, где r, t — число атомарных кластера в каждом из двух составных. В итоге, шаг за шагом приходим к одному единственному, составному кластеру. В дальнейшем под рангом кластера m будем понимать число атомарных кластеров, которые входят в его состав.

Введем функцию числа кластеров $N_{cl} = N_{cl}(m, d_{c_1, c_2})$, которая зависит от двух переменных: 1) m — ранга кластера и 2) d_{c_1, c_2} — расстояния между кластерами. Понятно, что, как сама функция N_{cl} , так и переменная m могут принимать значения из набора $\{1, 2, \dots, N\}$. На рис.8,б приведен пример функции $N_{cl} = N_{cl}(m, d_{c_1, c_2})$, построенной для случая $N = 10^3$. Отдельные графики на рис.8,б отвечают зависимости N_{cl} от расстояния d_{c_1, c_2} при различных рангах кластеров, $m = 1, 2, \dots, N = 10^3$.

Определим число одно- и двухранговых кластеров $N_{1,2} = N_{cl}(1, d_{c_1, c_2}) + N_{cl}(2, d_{c_1, c_2})$. Выделение одно- и двухранговых кластеров связано с тем обстоятельством, что для каждого из них нельзя построить окаймляющий многоугольник. С этой точки зрения их вклад будет считаться малым, при этом число крупноранговых кластеров должно быть по возможности заметным. Положим, что число одно- и двухранговых кластеров составляет величину, $f_r N$, т.е. $N_{1,2} = f_r N$. Выберем в дальнейшем следующее значение величины доли, f_r одно- и двухранговых кластеров — 0.0135, т.е. $f_r = 0.0135$ или в процентах 1.35%.

На рис.8,в построен пример дендрограммы кластерного анализа для случая $N = 10^3$. Там же приведена прямая пунктирная линия, определяемая расстоянием между кластерами $d_{th} = 0.1696$. Расстояние d_{th} найдено из условия того, что $N_{1,2} = f_r N$, $f_r = 0.0135$. С учетом графика рис.8,б, зависимость числа одноранговых кластеров от d_{c_1, c_2} монотонно убывающая функция, поэтому всегда можно найти подходящее значение d_{th} при заданном значении f_r .

Фиксация расстояния d_{th} определяет искомую кластерную классификацию точек поверхности суши. На рис.8,г приведен итог применения кластерного анализа к матрице затрат на трафик при величине отсечения межкластерного расстояния $d_{th} = 0.1696$, а также при $N = 10^3$. На рис.8,г присутствуют кластеры самого разного ранга, начиная с кластеров ранга один, два (маркеры в виде кружков). Крупномасштабные кластеры с числом атомарных кластеров три и более выделены с помощью окаймляющих многоугольников.

7. Классификация регионов в шкале мало-крупно ранговые

Для классификации регионов поверхности Земли в терминах мало-крупноранговые проведем несколько расчетов, подобных тем, итоги которых приведены на рис.8,г. В каждом из расчетов предполагается использовать кластерный анализ для классификации точек на поверхности суши, распределенных случайно согласно процедуре раздела №3. Понятно, что в каждом из расчетов будет своя карта кластеризации. Необходимо каким-то образом найти среднюю карту кластеризации.

Пусть проведено S расчетов матрицы транспортных затрат $Tr^{(s)}$, $s = 1, \dots, S$ при некотором N . В каждом из S расчетов N точек на поверхности суши позиционируются случайно согласно алгоритму раздела №3. Применим к каждой из матриц транспортных затрат $\{Tr^{(1)}, \dots, Tr^{(S)}\}$ процедуру кластеризации, Cl согласно разделу №6. Выберем некоторое значение параметра f_r , определяющее долю числа одно- и двухранговых кластеров по отношению ко всем выбранным точкам N . Применение процедуры кластеризации к матрице транспортных затрат $Tr^{(s)}$ порождает набор кластеров $\{K_1^{(s)}, \dots, K_{\kappa_s}^{(s)}\}$ исходных точек, т.е. $Cl: Tr^{(s)} \rightarrow \{K_1^{(s)}, \dots, K_{\kappa_s}^{(s)}\}$.

Изобразим набор кластеров $\{K_1^{(s)}, \dots, K_{\kappa_s}^{(s)}\}$, $s = 1, \dots, S$ вместе с береговой линией. Кластеры ранга один, два изобразим маркерами в виде кружков. Кластеры ранга три и более изобразим с помощью окаймляющих многоугольников. Прочие точки на поверхности суши изображаются маркерами в виде

точек. На рис.9 приведен пример карты, на которой сосредоточены всевозможные кластеры. Считалось, что $f_r = 0.0135$, $N = 10^3$, $S = 24$. Скопление линий на рис.9 отчетливо демонстрирует наличие крупноранговых кластеров.

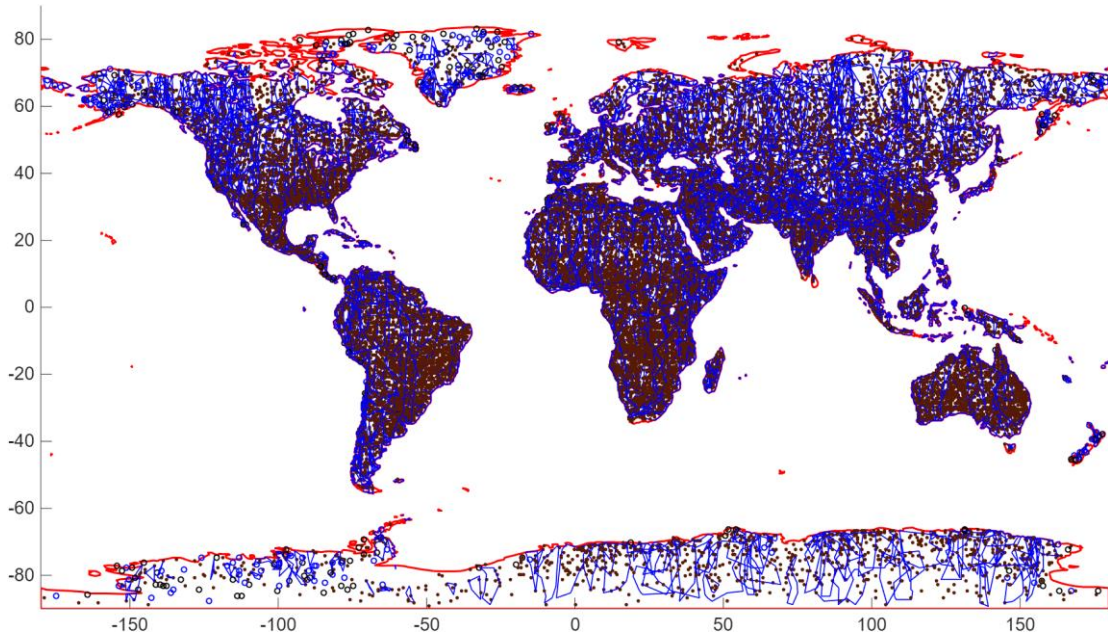


Рис.9. Карта кластеров, в виде набора окаймляющих многоугольников

Для более детальной нарезки территории суши необходимо сделать ряд предположений и расчетов. В разделе №3 в рамках глобальной процедуры разметки поверхности глобуса “широта – долгота” выбиралась сетка 360×720 . Оказалось, что число узлов сетки, N_{Land} , приходящихся на сушу, составило значение $N_{Land} = 81'192$. Пусть $z_l = (\varphi_l, \lambda_l)$ — позиция l -й точки на поверхности суши, $l = 1, \dots, N_{Land}$. Построим для каждого кластера $K_\kappa^{(s)}$, ранг которого три и более, окаймляющий многоугольник $B[K_\kappa^{(s)}]$, $\kappa = 1, \dots, \kappa_s$, $s = 1, \dots, S$. В силу выбора малого значения параметра f_r , кластеры ранга 1 и 2 будем игнорировать, т.к. их вклад мал. Визуально заметное количество одно- и двухранговых кластеров сосредоточены в полярных областях.

Для каждой точки суши z_l , $l = 1, \dots, N_{Land}$ подсчитаем вес w_l , который складывается из числа вхождений l -й точки во все кластеры в форме многоугольников всех статистических экспериментов по оценке матриц транспортных затрат с последующим использованием кластерного анализа, т.е.

$$w_l = \sum_{s=1}^S \sum_{\kappa=1}^{\kappa_s} (z_l \in B[K_\kappa^{(s)}]), l = 1, \dots, N_{Land}, \quad (19)$$

где круглые скобки $(z_l \in B[K_\kappa^{(s)}])$ возвращают единицу, если включение $z_l \in B[K_\kappa^{(s)}]$ верно и ноль, если верно обратное, т.е. $z_l \notin B[K_\kappa^{(s)}]$.

Набор весов $W = \{w_1, \dots, w_{N_{Land}}\}$ позволит отделить друг от друга регионы, которые, с одной стороны, близки друг к другу с точки зрения их индивидуальных профилей затрат на трафик, с другой стороны, — будет учтена консервативная компонента в виде памяти принадлежности к тем или иным группам кластеров в наборе статистических испытаний S . В формуле (19) вклад l -й точки в каждый из кластеров один и тот же и равен единице.

На рис.10 по одним и тем же данным построены две карты набора весов W в плоском и пространственном форматах. В расчете веса по формуле (19) считалось, что $f_r = 0.0135$, $N = 10^3$, $S = 24$, при этом игнорировался вклад одно- и двухранговых кластеров. Визуально видно, что карты на рис.9 и на рис.10 близки. Кластеры близких профилей затрат на трафик на рис.10,б отчетливо выражены в виде соответствующих “башен” с плоскими вершинами. В работе автора [3] таких башен было найдено в количестве 24, они названы имперскими башнями.

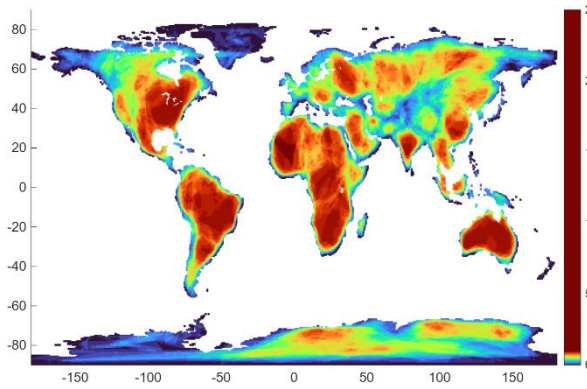


Рис.10,а. Карта набора весов в плоском формате

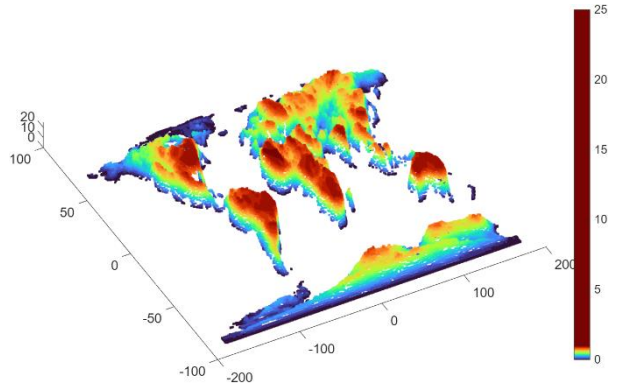


Рис.10,б. Карта набора весов в пространственном формате

Поделим набор весов (19) на максимальное значение, т.е. введем нормировку $W \rightarrow W / \max_{1 \leq l \leq N_{Land}} w_l$. После нормировки вес $W = \{w_l\}$, $l = 1, \dots, N_{Land}$ будет меняться в диапазоне $[0,1]$ и непосредственно не будет зависеть от числа статистических экспериментов S .

Отношение тех или иных территорий к малоранговым и крупноранговым характеризуется нормированным на отрезок $[0,1]$ весом. При $w_l \sim 0$ считается, что l -я территория выступает как малоранговая территория. При $w_l \sim 1$ считается, что l -я территория включена в крупноранговый кластер. В рамках указанных замечаний можно определить силу, F в виде средневзвешенной суммы квадратов отклонений от средневзвешенного значения, т.е. средневзвешенную вариацию значений весов, а именно,

$$F = \frac{\sum_{l=1}^{N_{Land}} \cos \varphi_l \cdot (w_l - \bar{w})^2}{\sum_{l=1}^{N_{Land}} \cos \varphi_l}, \quad \bar{w} = \frac{\sum_{l=1}^{N_{Land}} \cos \varphi_l \cdot w_l}{\sum_{l=1}^{N_{Land}} \cos \varphi_l}, \quad (20)$$

где \bar{w} — средневзвешенное значение набора весов $W = \{w_l\}$, $l = 1, \dots, N_{Land}$. Наличие косинуса широты в (20) учитывает сферичность поверхности Земли.

Величину (20) можно было бы назвать глобальной однокластерной оценкой силы. Она измеряет отсутствие-наличие консолидации атомарных кластеров в крупноранговые ассоциации из-за близости-дальности индивидуальных профилей затрат на трафик. Сила F была подсчитана для всего глобуса, она оказалась равной $F \cong 7063.55$.

На рис.11,а приведены линии уровня нормированного веса. Маркерами в виде красных точек помечены локальные максимумы веса. Групповое скопления красных точек характеризуют геометрию профилей в виде плато. На

рис.11,а красными точками отмечены 5881 локальных максимума, а $N_{lm} = 891$ черных маркеров в виде “плюсов” обозначают центры скоплений локальных максимумов.

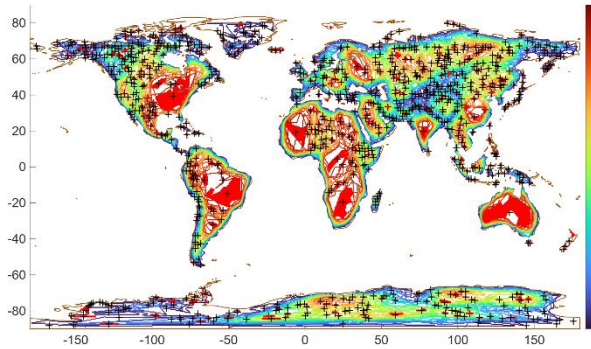


Рис.11,а. Линии уровня набора весов: локальные максимумы (красные точки), центры скопления локальных максимумов (черные плюсы)

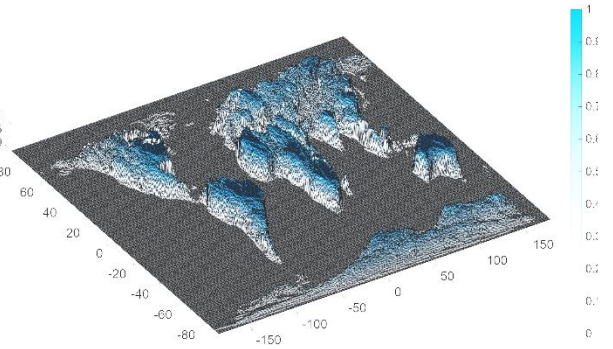


Рис.11,б. Трехмерное изображение нормированной весовой функции

Наличие геометрии нормированной весовой функции в виде профилей плато отчетливо видно на карте рис.11,б, аналогичной карте рис.10,б, выполненной в трехмерном формате.

Исходим из того, что число кластеров равняется числу центров скопления локальных максимумов $N_{lm} = 891$. В качестве дистанции между парой точек рассмотрим расстояние на земной сфере в виде угла θ , формула для подсчета которого приведена в (14). Найдем наименьшее расстояние от текущей точки до точек выбранного набора центров $N_{lm} = 891$ локальных максимумов. Найденный минимум расстояния позволяет отнести текущую точку к соответствующей точке центра локальных максимумов.

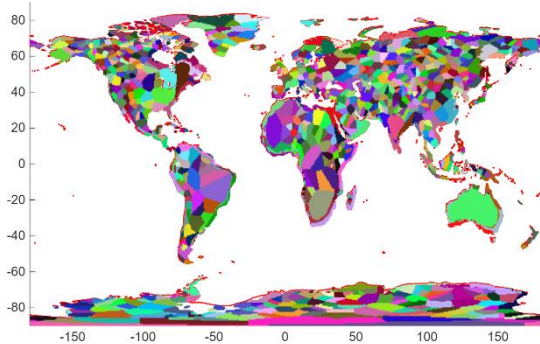


Рис.12,а. Полигоны однородности окрашенные случайными цветами

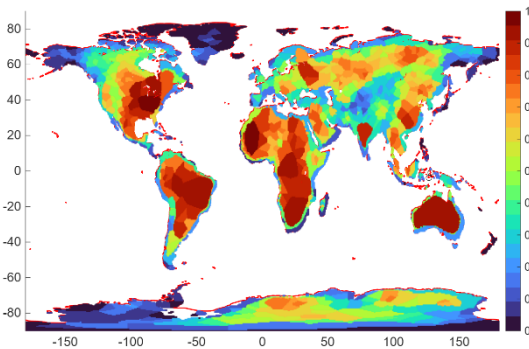


Рис.12,б. Полигоны однородности окрашены цветом из палитры с учетом величины веса

На рис.12 приведены две карты, в которых все точки суши в количестве N_{Land} классифицированы согласно указанной процедуре. На рис.12,а отдельные полигоны однородности в количестве $N_{lm} = 891$ закрашены случайными цветами. На рис.12,б отдельные полигоны однородности закрашены цветом специальной палитры с учетом средневзвешенной величины веса в пределах каждого из полигонов. Отметим, что на рис.12 раскрашены в точном смысле

слова не полигоны, а скопления точек суши, относимые к той или иной окрестности центров локальных максимумов.

Грубо говоря на рис.12,б красно-коричневый цвет обозначает регионы, предпочитающие крупноранговую принадлежность, а сине-фиолетовый цвет — малоранговую принадлежность. Отметим, также, что во многих местах береговая линия, соседствующая с крупноранговыми регионами, окрашена в синий цвет, что соответствует принадлежности малоранговым кластерам. Этот контраст дает заметный вклад в параметр силы.

Подсчитаем суммарное квадратичное отклонение точек от центров кластеров, f . Пусть в итоге применения указанной выше процедуры сложились K_1, K_2, \dots, K_k кластеров, в каждом из которых n_1, n_2, \dots, n_k точек, тогда суммарное квадратичное отклонение точек от центров кластеров или сила в нашей терминологии, может быть вычислена по формуле:

$$f = \sum_{i=1}^k \frac{\sum_{j=1}^{n_i} \cos \varphi_j \cdot (w_{i,j} - \bar{w}_i)^2}{\sum_{j=1}^{n_i} \cos \varphi_j}, \quad \bar{w}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} \cos \varphi_j \cdot w_{i,j}}{\sum_{j=1}^{n_i} \cos \varphi_j}, \quad (21)$$

где $w_{i,j}$ — вес j -й точки i -го кластера, $j = 1, \dots, n_i$, $i = 1, \dots, k$, \bar{w}_i — средневзвешенный центр i -го кластера. В расчетах, итоги которых приведены на рис.12 считалось, что $k = N_{lm} = 891$, при этом оказалось, что $f = 511.36$. Последняя величина в 13.81 раз меньше однокластерной оценки $F = 7063.55$. Таким образом, глобальный параметр силы может быть заметно уменьшен с учетом местных особенностей затрат на трафик.

В итоге можно констатировать, что параметр силы, как мера противостояния малоранговых и крупноранговых кластеров, является объективной характеристикой. Сила встроена в инфраструктуру затрат на трафик, она генерируется всем геофизическим комплексом: климатом в части температуры и осадков, рельефом и трафиком.

В дальнейшем нам потребуется классификация геопатомов на две или три группы. Классификация на две группы разделяет ансамбль геопатомов на малоранговые и крупноранговые соответственно. Или в другой номенклатуре, две группы геопатомов ориентируются на построение царств свободы и необходимости. В случае классификации на три группы вводится еще одна группа, геопатомы “центра” — они дистанцируются от построения царств свободы и необходимости. Условно малоранговые геопатомы будем относить к цели 0, крупноранговые геопатомы к цели 1, а геопатомы центра отнесем к цели 0.5. Таким образом, все возможные цели будут сосредоточены на отрезке $[0,1]$. Почему так будет ясно из дальнейшего изложения математической модели психики.

Для классификации геопатомов на соответствующие целевые группы воспользуемся кластерным анализом. На рис.8,в уже приводился итог использования кластерного анализа. В том и в этом случае для разделения ансамбля геопатомов использовался метод k -средних. В качестве переменной классификации был использован усредненный вес геопатомов \bar{w}_i , $i = 1, \dots, N_{lm} = 891$, представленный в (21). На рис.13 приведен итог разделения ансамбля геопатомов на две группы (рис.13,а) и три группы (рис.13,б) соответственно.

После сравнения карт рис.13,а и рис.13,б становится очевидным, что геопатомы центра возвращаются в группу цели 0 при разделении всего ансамбля геопатомов на две группы. В свою очередь, когда рассматривается классификация на три группы, группа геопатомов цели 0.5 выделяется из группы 0. Это же утверждение подтверждается распределением геопатомов по группам. При классификации ансамбля геопатомов на две группы число геопатомов распределилось следующим образом: $N_0 = 572$, $N_1 = 319$. При классификации на три группы оказалось, что $N_0 = 250$, $N_{0.5} = 322$, $N_1 = 319$.

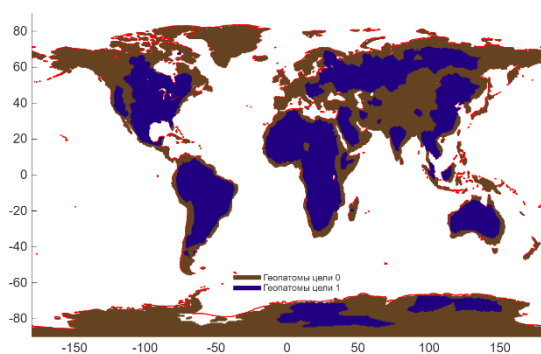


Рис.13,а. Разделение ансамбля геопатомов на две группы

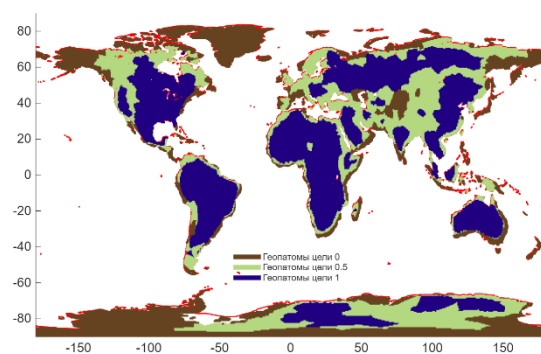


Рис.13,б. Разделение ансамбля геопатомов на три группы

С этого момента все готово для соединения геополитики и псифизики. Следующие три раздела посвящены изложению основ псифизики применительно к нашей задаче описания психодинамики в геополитике.

8. Субъект-объектная реальности геопатома

В модели псифизики, имеющей подзаголовок “к теории взаимодействия оператора с устройством”, вводится пять определений, отвечающих на вопросы: что такое устройство (два определения), что такое псиатом и что такое оператор (два определения)? Грубо говоря, оператор — тот (то), кто (что) управляет устройством. Взаимодействие оператора с устройством толкуется с точки зрения управления и власти оператора над устройством. Сам по себе оператор конструируется в терминах воли, свободы, силы и власти. Все четыре понятия “воли”, “свободы”, “силы” и “власти” определены и исчислены в модели псифизики.

Следуя логике модели псифизики, оцифруем выбор из двух целей каждого геопатома глобальной геополитической системы. Определим субъективное пространство всевозможных целей геопатома отрезком $[0,1]$. В этом случае выбор x геопатома является числом из отрезка $[0,1]$, т.е. $x \in [0,1]$. Условимся считать, что выбор $x = 0$ и $x = 1$ соответствует выбору царств свободы и необходимости соответственно. Все остальные значения $x \in (0,1)$ отвечают иным субъективным значениям выбора. Положим, что, помимо субъективной реальности выбора, имеет место объективная реальность, которую также оцифруем отрезком $[0,1]$. Обозначим символом X проявление субъективного выбора в объективной реальности, при этом считается, что $X \in [0,1]$.

Следуя В. Лефевру [9], определим взаимосвязь между субъективной и объективной реальностями каждого геопатома с помощью функции ϕ , т.е. считаем, что $X = \phi(x)$. По определению положим, что функция $\phi(x)$ монотонно возрастающая на отрезке $[0,1]$ и удовлетворяет следующему набору требований:

$$\phi(0) = 0, \phi(1) = 1, \phi(x) + \phi(1 - x) = 1. \quad (22)$$

В дальнейшем под целями будем понимать те точки x_* отрезка $[0,1]$, в которых выполняется равенство $\phi(x_*) = x_*$. С этой точки зрения, помимо целевых точек 0, 1, есть, как минимум, еще одна целевая точка 0.5. Она получается из третьего уравнения в (22) путем прямой подстановки $x = 0.5$. В этом случае имеем $\phi(0.5) = 0.5$. Третье уравнение в (22) обеспечивает полную симметрию между парой целей 0 и 1.

Для дальнейшего уточнения вида функции $X = \phi(x)$ нам потребуются определить производные в целевых точках 0, 1, 0.5. Производные $\phi'(0)$, $\phi'(1)$, $\phi'(0.5)$ определяют скорость сходимости к целевым точкам 0, 1, 0.5 при рефлексивном замыкании или в рамках итерационной процедуры $x_{n+1} = \phi(x_n)$, $n = 0, 1, \dots$. Введем неотрицательный параметр силы f , $f \in [0, +\infty)$ согласно следующим условиям:

$$\phi'(0) = \phi'(1) = \frac{1}{1+f}, \phi'(0.5) = 1 + f. \quad (23)$$

Будем искать подходящую функцию $X = \phi(x)$ в классе дробно линейных функций[♥]. С учетом выполнения условий (22), (23) найдем:

$$\phi(x) = \begin{cases} \frac{x}{1+f-2fx}, & 0 \leq x \leq 0.5; \\ \frac{-f+(1+2f)x}{1-f+2fx}, & 0.5 < x \leq 1. \end{cases} \quad (24)$$

Помимо прямой функции $\phi(x)$ рассмотрим также обратную функцию $\phi^{-1}(x)$. Последняя существует, т.к. функция $\phi(x)$ по определению монотонно возрастающая. С учетом (24) легко записать, что

$$\phi^{-1}(x) = \begin{cases} \frac{(1+f)x}{1+2fx}, & 0 \leq x \leq 0.5; \\ \frac{f+(1-f)x}{1+2f-2fx}, & 0.5 < x \leq 1. \end{cases} \quad (24')$$

Отметим, что для обратной функции $\phi^{-1}(x)$ верны условия, аналогичные (22), (23), а именно: $\phi^{-1}(0) = 0$, $\phi^{-1}(1) = 1$, $\phi^{-1}(x) + \phi^{-1}(1 - x) = 1$, $\phi^{-1}'(0) = \phi^{-1}'(1) = 1 + f$, $\phi^{-1}'(0.5) = \frac{1}{1+f}$.

В дальнейшем функции $\phi(x)$ и $\phi^{-1}(x)$ будем называть прямым и обратным отображениями, которые связывают субъективную и объективные реальности каждого геопатома. На рис.14,а приведен внешний вид прямого и обратного отображений, построенных согласно (24), (24').

На рис.14,б приведена иллюстрация рефлексивного движения к целевым точкам 0, 0.5, 1 на базе прямого и обратного отображений. Там же определена равномерная сетка $0 = x_1 < x_2 < \dots < x_N = 1$ и построены векторы перехода:

[♥] Идея использования дробно-линейной функции в контексте связи субъект-объектной реальностей принадлежит А.Е. Коневу.

1) от точки с координатами $(x_i, \phi(x_i))$ к точке — $(\phi(x_i), \phi(\phi(x_i)))$ для прямого отображения и 2) от точки с координатами $(x_i, \phi^{-1}(x_i))$ к точке — $(\phi^{-1}(x_i), \phi^{-1}(\phi^{-1}(x_i)))$ для обратного отображения, при этом $i = 1, \dots, N = 10^3$. Маркеры в виде черных точек обозначают начало соответствующих векторов.

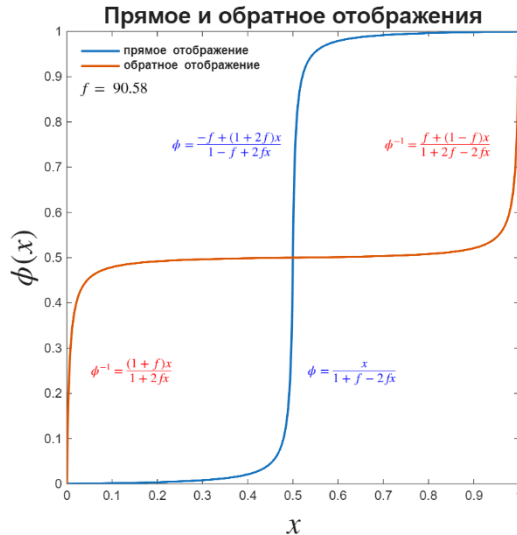


Рис.14,а. Внешний вид прямого и обратного отображений

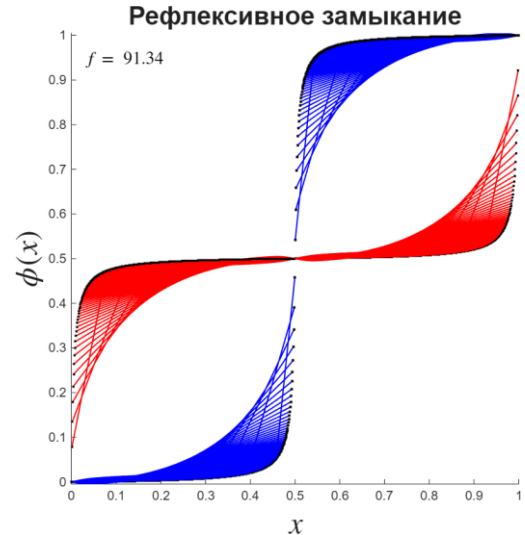


Рис.14,б. Иллюстрация рефлексивного замыкания

В итоге, можно заключить, что целевые точки 0, 1 являются притягивающими, а целевая точка 0.5 — отталкивающая для прямого отображения $\phi(x)$. И, наоборот, цели 0, 1 являются отталкивающими, а цель 0.5 — притягивающая для обратного отображения $\phi^{-1}(x)$.

Введем более удобные обозначения для прямого и обратного отображений ϕ_+ и ϕ_- соответственно. Субиндекс “+” символизирует то, что цели 0 и 1 при отображении ϕ_+ являются притягивающими, а цель 0.5 — отталкивающая. Субиндекс “-” обозначает то, что цели 0 и 1 при отображении ϕ_- отталкивающие, а цель 0.5 — притягивающая.

В дальнейшем нам понадобится аналог скорости в целевом пространстве $[0,1]$, точнее, две скорости v_{\pm} для пары отображений $\phi_{\pm}(x)$. Отметим, что, если пару отображений ϕ_{\pm} рассматривать в качестве функции двух переменных $\phi_{\pm} = \phi_{\pm}(x, f)$, то в отсутствии силы при $f = 0$ отображения вырождаются и становятся равными x , т.е. $\phi_{\pm}(x, 0) = x$. В последнем случае никакого движения к целевым точкам в целевом пространстве нет. Таким образом, о движении к целевым точкам возможно говорить только в том случае, когда сила имеет место, т.е. при $f > 0$.

В качестве определения скорости движения в целевом пространстве выберем выражение:

$$v_{\pm} = v_{\pm}(x, f) = \phi_{\pm}(x, f) - x. \quad (25)$$

Распишем скорость (25) более подробно с учетом вида отображений $\phi_{\pm}(x, f)$ в (24), (24'). В этом случае получим:

$$v_+ = \begin{cases} \frac{fx(-1+2x)}{1+f-2fx}, & 0 \leq x \leq 0.5; \\ \frac{f(-1+2x)(1-x)}{1-f+2fx}, & 0.5 < x \leq 1; \end{cases} \quad (26)$$

$$v_- = \begin{cases} \frac{fx(1-2x)}{1+2fx}, & 0 \leq x \leq 0.5; \\ \frac{f(2x-1)(x-1)}{1+2f-2fx}, & 0.5 < x \leq 1. \end{cases} \quad (26')$$

С учетом (22), (25) можно убедиться в том, что $v_{\pm}(x) + v_{\pm}(1-x) = 0$. На рис.15 приведены графики зависимости скоростей v_{\pm} от x . Отметим характерную особенность скоростей, определенных в (25). Скорости по модулю имеют максимальное значение между парой целей 0,0.5 и 0,5,1 соответственно. Причем при достаточно большом значении параметра силы скорость достигает максимума сразу после удаления от каждого из целевых значений. На рис.15 стрелками обозначены направления движения к целевым точкам 0, 0.5, 1 для каждого из двух отображений.

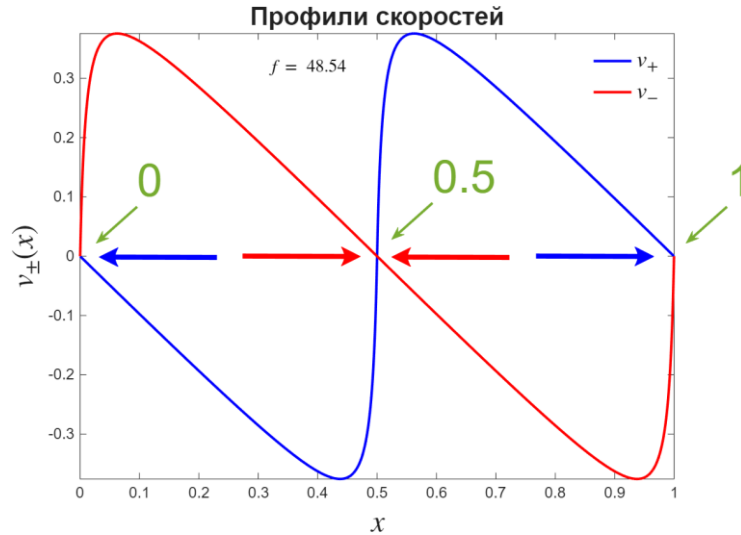


Рис.15. Графики зависимости скоростей v_{\pm} от x

9. Психодинамика ансамбля независимых геопатомов

Рассмотрим ансамбль из N геопатомов. Пусть для каждого из них субъективный выбор в целевом пространстве характеризуется величиной x_i , при этом $x_i \in [0,1]$, $i = 1, \dots, N$. Следуя модели псифизики, определим параметр силы как вариацию целевых предпочтений геопатомов ансамбля, т.е.

$$f = \sum_{i=1}^N (x_i - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_j)^2 = \sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{1}{N} (\sum_{j=1}^N x_j)^2. \quad (27)$$

Параметр силы определенный согласно (27) равен нулю, когда $x_1 = x_2 = \dots = x_N$, т.е. когда субъективный выбор каждого из геопатомов един. Единство геопатомов в дальнейшем будем также представлять в виде выполнения следующего условия: $\min_{1 \leq i \leq N} x_i = \max_{1 \leq i \leq N} x_i$.

Сформулируем психодинамику ансамбля геопатом в целевом пространстве в следующем виде:

$$\begin{cases} x'_i = \phi_{\pm}(x_i, f), \\ f = \sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{1}{N} (\sum_{j=1}^N x_j)^2. \end{cases} \quad (28)$$

Переход $x_i \rightarrow x'_i$, $i = 1, \dots, N$ согласно (28) задает психодинамику геопатомов в целевом пространстве. Ранее в работах автора этот переход был истолкован в качестве рефлексивного замыкания каждого из геопатомов ансамбля. Можно было бы ввести дискретную переменную $t = 0, \pm 1, \dots$, которую можно толковать в качестве аналога времени. В этом случае $x_i = x_i(t)$, $x'_i = x_i(t + 1)$, $i = 1, \dots, N$ и после перехода к пределу, когда $t \rightarrow \infty$, каждый из геопатомов ансамбля придет в одну из трех целевых точек 0, 0.5, 1.

Чтобы продлить психодинамику дальше после прихода в одно из целевых состояний, необходимо определить процедуру выхода из целевого состояния. Процедура выхода предполагает наличие у каждого из геопатомов воли к выходу из целей 0, 0.5 и 1. Введем обозначение для волевых величин (импульсов) к выходу из каждого целевого состояния каждого из геопатомов согласно выражениям: $\delta_{0,i}$, $\delta_{0.5,i}$, $\delta_{1,i}$, $i = 1, \dots, N$.

Вводимый выше и далее набор характеристик каждого из геопатомов можно было бы описать в том числе и в терминах агентных систем, разрабатываемых на базе ИИ [10].

Поскольку каждый из геопатомов может пребывать в любом из целевых состояний неограниченно долго, для выхода он должен 1) сменить отображение на противоположное, т.е. $\phi_{\pm} \rightarrow \phi_{\mp}$ и 2) сделать, как угодно, малый, но ненулевой первый шаг из каждой из трех целей, а именно $\delta_{0,i}$, $\delta_{0.5,i}$, $\delta_{1,i}$, $i = 1, \dots, N$ соответственно. Отметим, что волевое усилие $\delta_{0.5,i}$ в целевой точке 0.5 имеет знак, что в дальнейшем предполагает приход либо в цель 0 при $\delta_{0.5,i} < 0$, либо приход в цель 1 при $\delta_{0.5,i} > 0$. Наличие знака у волевого импульса $\delta_{0.5,i}$ выступает в качестве прообраза свободы в виде выбора из двух возможностей. Отметим, что по определению волевые импульсы $\delta_{0,i}$, $\delta_{1,i}$, $i = 1, \dots, N$ всегда неотрицательны, т.е. $\delta_{0,i} \geq 0$, $\delta_{1,i} \geq 0$, $i = 1, \dots, N$.

Волевые импульсы нам нужны для того, чтобы определить механизм объединения отдельных геопатомов ансамбля в союзы. В начале положим, что волевые импульсы отдельных геопатомов не зависят друг от друга и по своим проявлениям совершенно хаотичны. Для проведения вычислительного эксперимента определим критерий прихода в каждое из трех целевых состояний 0, 0.5, 1 согласно следующим неравенствам:

$$x < \rho, |0.5 - x| < \rho, 1 - x < \rho, \quad (29)$$

где ρ — достаточно малое неотрицательное число.

Пусть в каждом из трех целевых состояний волевые импульсы представляются в следующем виде:

$$\delta_0 = \varepsilon \xi_0, \delta_{0.5} = \varepsilon (2\xi_{0.5} - 1), \delta_1 = \varepsilon \xi_1, \quad (30)$$

где ε — достаточно малое неотрицательное число, $\xi_0, \xi_{0.5}, \xi_1$ — равномерно случайные числа из отрезка $[0,1]$. Комбинация $(2\xi_{0.5} - 1)$, $\xi_{0.5} \in [0,1]$ в (30) обеспечивает равномерно случайный выбор знаков волевого импульса в целевой точке 0.5.

С учетом (27) — (30) запишем следующую систему уравнений, описывающую динамику ансамбля геопатомов:

$$\begin{aligned}
 f &= \sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{1}{N} \left(\sum_{j=1}^N x_j \right)^2, \\
 \tau_i' &= +, x_i' = \phi_+(x_i, f) |_{\tau_i=+, x_i \geq \rho, x_i \leq 1-\rho}; \\
 \tau_i' &= -, x_i' = \phi_-(x_i, f) |_{\tau_i=-, |0.5-x_i| \geq \rho}; \\
 \tau_i' &= -, x_i' = \varepsilon \xi_i |_{\tau_i=+, x_i < \rho}; \\
 \tau_i' &= +, x_i' = 0.5 + \varepsilon(2\xi_i - 1) |_{\tau_i=-, |0.5-x_i| < \rho}; \\
 \tau_i' &= -, x_i' = 1 - \varepsilon \xi_i |_{\tau_i=+, x_i > 1-\rho};
 \end{aligned} \tag{31}$$

где $i = 1, \dots, N$, величины τ, τ' принимает два значения “+” или “-”, которые обозначают прямое и обратное отображения соответственно. Вертикальная черта вместе с рядом условий в части субиндексов в (31) и далее обозначает условия, при которых знак равенства имеет место.

Отметим, что, поскольку величина ρ в (29) малая, но не равна нулю, постольку динамика на базе системы уравнений (31) приведет каждый из геопатомов в одну из целевых точек за конечное число шагов. Последнее утверждение верно до тех пор, пока среди набора позиций геопатомов x_1, \dots, x_N есть хотя бы одна пара отличных друг от друга, т.е. пока $\min_{1 \leq i \leq N} x_i \neq \max_{1 \leq i \leq N} x_i$ или, иначе, параметр силы отличен от нуля, т.е. $f \neq 0$.

На рис.16 приведен пример расчета системы уравнений (31) в рамках процедуры рефлексивного замыкания $x_i \rightarrow x_i', \tau_i \rightarrow \tau_i', i = 1, \dots, N$ с числом итераций, T , равных $T = 10^4$. Считалось, что $N = 10^2, \rho = 10^{-12}, \varepsilon = 10^{-8}$.

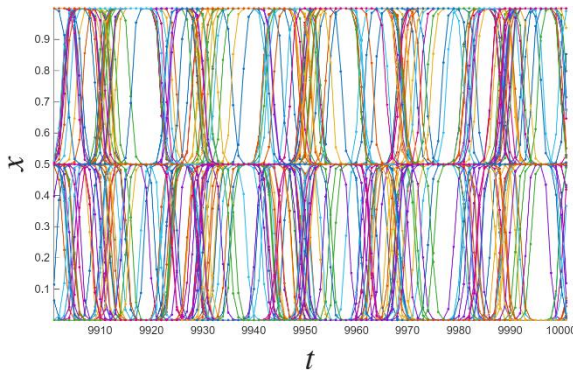


Рис.16,а. Небольшой фрагмент динамики ансамбля геопатом в целевом пространстве

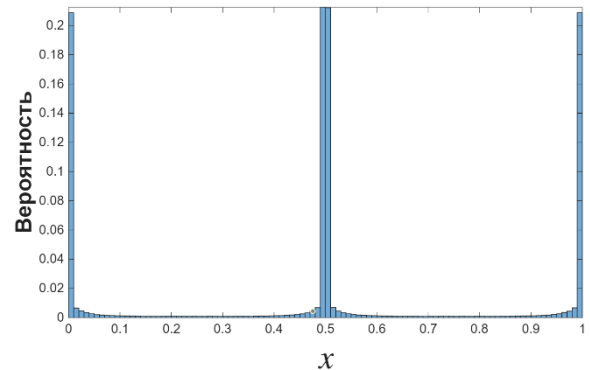


Рис.16,б. Вероятность пребывания геопатомов в точках целевого пространства

На рис.16,а приведен небольшой фрагмент финальной динамики ансамбля геопатомов в целевом пространстве. Старт был осуществлен со случайных начальных данных. На рисунке изображены наборы точек-траекторий каждого из геопатомов, которые для удобства соединены прямыми линиями, что напоминает траектории движения каждого из геопатомов в целевом пространстве. Видно, что траектории перепутываются, геопатомы блуждают в целевом пространстве. Так и должно быть, т.к. волевые импульсы геопатомов ансамбля не зависят друг от друга.

При тех же исходных параметрах, что и для расчета рис. 16,а, на рис. 16,б оценены вероятности пребывания геопатомов в окрестности точек целевого пространства в виде соответствующей гистограммы с количеством столбцов, равному ста. Видно, что геопатомы с заметной вероятностью пребывают в окрестности одной из трех целей 0, 0.5, 1 и с заметно меньшей вероятностью пребывают в промежуточных точках.

10. Психодинамика образования союзов геопатомов

Рассмотрим несколько сценариев образования и движения в целевом пространстве союзов геопатомов.

Пусть геопатомы взаимодействуют друг с другом с целью образования союзов. Исходим из того, что число союзов совпадает с числом целевых точек, которых три 0, 0.5, 1. Обозначим число геопатомов, аффилированных с каждой из трех целей $N_0, N_{0.5}, N_1$, при этом $N = N_0 + N_{0.5} + N_1$. Поскольку вне целевых точек движение геопатомов полностью детерминировано, постольку взаимодействие геопатомов возможно только через вариацию величин волевых импульсов. В этом случае считается, что $\delta_{\mu,i} = \delta_{\mu,i}(x_1, \dots, x_N)$, $\mu = 0, 0.5, 1$, $i = 1, \dots, N$.

Обозначим множество номеров геопатомов μ -й цели, символом G_μ , при этом $|G_\mu| = N_\mu$, $\mu = 0, 0.5, 1$. Введем в целевом пространстве среднее положение X_μ и среднюю скорость V_μ геопатомов μ -й цели, согласно формулам:

$$X_\mu = \frac{1}{N_\mu} \sum_{i \in G_\mu} x_i, \quad V_\mu = \frac{1}{N_\mu} \sum_{i \in G_\mu} v_{\tau_i, i}, \quad (32)$$

где $\mu = 0, 0.5, 1$.

Сценарий №1. Для обеспечения образования союзов геопатомов положим, что в целевых точках отдельные геопатомы делают первый шаг выхода из цели в сторону среднего положения, когда оно находится вне целевого положения ($X_0 \neq 0, X_{0.5} \neq 0.5, X_1 \neq 1$) и либо покоится, либо удаляется ($V_0 \geq 0, 0 \leq V_{0.5} \leq 0, V_1 \leq 0$). Для обеспечения указанного сценария положим, что

$$\delta_{0,i} = \begin{cases} \varepsilon \xi_i (X_0 > 0) (V_0 \geq 0), & i \in G_0; \\ \varepsilon \xi_i, & i \in G_{0.5} \cup G_1; \\ -\varepsilon \xi_i, & i \in G_0; \end{cases}$$

$$\delta_{0.5,i} = \begin{cases} -\varepsilon \xi_i (X_{0.5} < 0.5) (V_{0.5} \leq 0), & i \in G_{0.5}; \\ \varepsilon \xi_i (X_{0.5} > 0.5) (V_{0.5} \geq 0), & i \in G_{0.5}; \\ \varepsilon \xi_i, & i \in G_1; \end{cases} \quad (33)$$

$$\delta_{1,i} = \begin{cases} \varepsilon \xi_i, & i \in G_0 \cup G_{0.5}; \\ \varepsilon \xi_i (X_1 < 1) (V_1 \leq 0), & i \in G_1; \end{cases}$$

где $i = 1, \dots, N$. В (33) выражения в круглых скобках равны единице или нулю, когда соответствующие неравенства верны или неверны соответственно.

С учетом (31) — (33) определим следующую систему уравнений, описывающую динамику прихода геопатомов в цели, которые они предпочитают.

$$f = \sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{1}{N} \left(\sum_{j=1}^N x_j \right)^2,$$

$$\tau'_i = +, x'_i = \phi_+(x_i, f) |_{\tau_i = +, x_i \geq \rho, x_i \leq 1 - \rho};$$

$$\begin{aligned}
\tau'_i &= -, x'_i = \phi_-(x_i, f)|_{\tau_i=-, |0.5-x_i|\geq\rho}; \\
\tau'_i &= -, x'_i = \varepsilon\xi_i(X_0 > 0)(V_0 \geq 0)|_{i\in G_0, \tau_i=+, x_i<\rho}; \\
\tau'_i &= -, x'_i = \varepsilon\xi_i|_{i\in G_{0.5}\cup G_1, \tau_i=+, x_i<\rho}; \\
\tau'_i &= +, x'_i = 0.5 - \varepsilon\xi_i|_{i\in G_0, \tau_i=-, |0.5-x_i|<\rho}; \\
\tau'_i &= +, x'_i = 0.5 - \varepsilon\xi_i(X_{0.5} < 0.5)(V_{0.5} \leq 0)|_{i\in G_{0.5}, \tau_i=-, |0.5-x_i|<\rho}; \\
\tau'_i &= +, x'_i = 0.5 + \varepsilon\xi_i(X_{0.5} > 0.5)(V_{0.5} \geq 0)|_{i\in G_{0.5}, \tau_i=-, |0.5-x_i|<\rho}; \\
\tau'_i &= +, x'_i = 0.5 + \varepsilon\xi_i|_{i\in G_1, \tau_i=-, |0.5-x_i|<\rho}; \\
\tau'_i &= -, x'_i = 1 - \varepsilon\xi_i|_{i\in G_0\cup G_{0.5}, \tau_i=+, 1-x_i<\rho}; \\
\tau'_i &= -, x'_i = 1 - \varepsilon\xi_i(X_1 < 1)(V_1 \leq 0)|_{i\in G_1, \tau_i=+, 1-x_i<\rho}.
\end{aligned} \tag{34}$$

где $i = 1, \dots, N$.

На рис.17 приведен пример расчета системы уравнений (34) при условии, что $N = 10^3$, $\rho = 10^{-12}$, $\varepsilon = 10^{-8}$. Начальное распределение геопатомов в целевом пространстве выбиралось равномерно случайным. Предпочтение геопатомами одной из трех целей также выбиралось равномерно случайным образом. В приведенном расчете имело место $N_0 = 301$, $N_{0.5} = 369$, $N_1 = 330$. Маркерами в виде кружков, гексаграмм и ромбиков обозначены траектории геопатомов, которые предпочитают цели 0, 0.5 и 1 соответственно. Видно однозначное разделение набора геопатомов по каждой из трех целей.

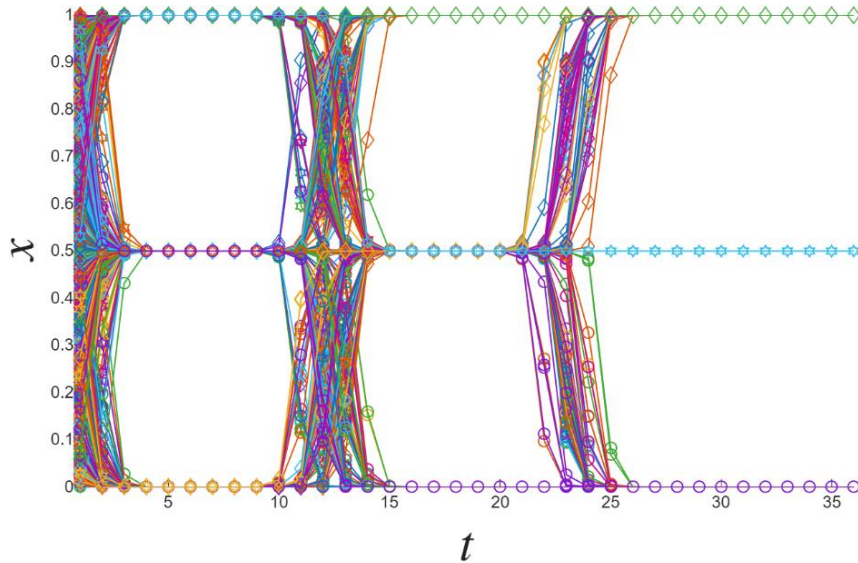


Рис.17. Сценарий №1: динамическое распределение геопатомов по целям, которые они предпочитают

В итоге психодинамики согласно (34) все N геопатомов оказываются в каждой из своих целей, при этом финальные отображения “-”, “+”, “-” отвечают требуемому движению в случае первого шага выхода из целей 0, 0.5 и 1 соответственно, но уже в качестве союзов геопатомов. Образованные в результате динамики союзы геопатомов пребывают в соответствующих целевых состояниях и не делают первых шагов.

Сценарий №2. Пусть геопатомы, предпочитающие одну из трех целей собрались в одной из них. В авторской модели псифизики такая конфигурация

было названа оператором. В данной модели более уместным выступает термин “союз геопатомов”. В общем случае каждый i -й геопатом в рамках μ -го союза имеет свой триплет волевых импульсов для каждого из трех целевых состояний, а именно $\vartheta_{\lambda, i \in G_\mu}$, $\lambda, \mu = 0, 0.5, 1$. В этом случае каждый из союзов геопатомов может двигаться как единое целое в целевом пространстве. Уточним вид волевых импульсов союзов-геопатомов, выступающих как единое целое, а именно

$$\begin{aligned} \vartheta_{0,i} &= \begin{cases} \varphi_{0,0}(\zeta_{0,0} < p_{0,0})\sigma_{0,0}, i \in G_0; \\ \varphi_{0,0.5}(\zeta_{0,0.5} < p_{0,0.5})\sigma_{0,0.5}, i \in G_{0.5}; \\ \varphi_{0,1}(\zeta_{0,1} < p_{0,1})\sigma_{0,1}, i \in G_1; \end{cases} \\ \vartheta_{0.5,i} &= \begin{cases} \varphi_{0.5,0}(\zeta_{0.5,0} < p_{0.5,0})\sigma_{0.5,0}, i \in G_0; \\ \varphi_{0.5,0.5}(\zeta_{0.5,0.5} < p_{0.5,0.5})\sigma_{0.5,0.5}, i \in G_{0.5}; \\ \varphi_{0.5,1}(\zeta_{0.5,1} < p_{0.5,1})\sigma_{0.5,1}, i \in G_1; \end{cases} \\ \vartheta_{1,i} &= \begin{cases} \varphi_{1,0}(\zeta_{1,0} < p_{1,0})\sigma_{1,0}, i \in G_0; \\ \varphi_{1,0.5}(\zeta_{1,0.5} < p_{1,0.5})\sigma_{1,0.5}, i \in G_{0.5}; \\ \varphi_{1,1}(\zeta_{1,1} < p_{1,1})\sigma_{1,1}, i \in G_1; \end{cases} \end{aligned} \quad (35)$$

где набор ζ с субиндексами — равномерно случайные числа из отрезка $[0,1]$, $\sigma_{\lambda,\mu} = \prod_{k \in G_\mu} (x_k = \lambda)$, $\lambda, \mu = 0, 0.5, 1$.

Матрица $\varphi_{\lambda,\mu}$, $\lambda, \mu = 0, 0.5, 1$ имеет размер 3×3 , ее элементы обозначают волевые импульсы союзов геопатомов в качестве единого целого, т.е. $\varphi_{\lambda,\mu}$ — воля μ -го союза в λ -й цели.

Матрица $\sigma_{\lambda,\mu}$, $\lambda, \mu = 0, 0.5, 1$ имеет размер 3×3 , элементы матрицы принимают пару значений 0 и 1. Значение 0 означает, что геопатомы цели μ в целевой точке λ не собраны в виде союза. И, наоборот, значение 1 означает, что геопатомы цели μ в целевой точке λ собраны в виде союза.

Матрицы $p_{\lambda,\mu}$, $\zeta_{\lambda,\mu}$, $\lambda, \mu = 0, 0.5, 1$ имеют размер 3×3 , элементы матриц равномерно случайные числа из отрезка $[0,1]$. Элементы матрицы $\{p_{\lambda,\mu}\}$ имеют смысл вероятностей выхода μ -го союза из целевой точки λ .

С учетом (35) необходимо несколько модифицировать волевые импульсы (33), которые описывают стремление геопатомов к объединению в соответствующие союзы. Определим условие единства геопатомов в соответствующем союзе в следующем виде:

$$o_\mu = (\min_{k \in G_\mu} x_k = \max_{k \in G_\mu} x_k), \quad (36)$$

где $\mu = 0, 0.5, 1$. Отметим, что скобки в выражении (36) возвращают либо 1, если равенство верное, либо 0, если равенство неверно. Очевидно, что в случае, когда $o_\mu = 1$ все x_k , $k \in G_\mu$ совпадают друг с другом, т.е. $x_{k_1} = \dots = x_{k_{N_\mu}}$. В случае, когда $o_\mu = 0$ многократное равенство $x_{k_1} = \dots = x_{k_{N_\mu}}$ нарушается в одном и/или более местах.

С учетом (36) перепишем (33), тогда

$$\begin{aligned}
\delta_{0,i} &= \begin{cases} \varepsilon \xi_i(X_0 > 0)(V_0 \geq 0), i \in G_0; \\ \varepsilon \xi_i(o_{0.5} = 0), i \in G_{0.5}; \\ \varepsilon \xi_i(o_1 = 0), i \in G_1; \end{cases} \\
\delta_{0.5,i} &= \begin{cases} -\varepsilon \xi_i(o_0 = 0), i \in G_0; \\ -\varepsilon \xi_i(X_{0.5} < 0.5)(V_{0.5} \leq 0), i \in G_{0.5}; \\ \varepsilon \xi_i(X_{0.5} > 0.5)(V_{0.5} \geq 0), i \in G_{0.5}; \\ \varepsilon \xi_i(o_1 = 0), i \in G_1; \end{cases} \\
\delta_{1,i} &= \begin{cases} \varepsilon \xi_i(o_0 = 0), i \in G_0; \\ \varepsilon \xi_i(o_{0.5} = 0), i \in G_{0.5}; \\ \varepsilon \xi_i(X_1 < 1)(V_1 \leq 0), i \in G_1. \end{cases}
\end{aligned} \tag{37}$$

С учетом (35) — (37) запишем следующую систему динамических уравнений:

$$\begin{aligned}
f &= \sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{1}{N} \left(\sum_{j=1}^N x_j \right)^2, \\
\tau'_i &= +, x'_i = \phi_+(x_i, f) |_{\tau_i=+, x_i \geq \rho, x_i \leq 1-\rho}; \\
\tau'_i &= -, x'_i = \phi_-(x_i, f) |_{\tau_i=-, |0.5-x_i| \geq \rho}; \\
\tau'_i &= -, x'_i = \delta_{0,i} |_{i \in G_0, \tau_i=+, x_i < \rho} + \vartheta_{0,i} |_{i \in G_0, \tau_i=-, x_i < \rho}; \\
\tau'_i &= -, x'_i = \delta_{0,i} |_{i \in G_{0.5}, \tau_i=+, x_i < \rho} + \vartheta_{0,i} |_{i \in G_{0.5}, \tau_i=-, x_i < \rho}; \\
\tau'_i &= -, x'_i = \delta_{0,i} |_{i \in G_1, \tau_i=+, x_i < \rho} + \vartheta_{0,i} |_{i \in G_1, \tau_i=-, x_i < \rho}; \\
\tau'_i &= +, x'_i = 0.5 + \delta_{0.5,i} |_{i \in G_0, \tau_i=-, |0.5-x_i| < \rho} + \vartheta_{0.5,i} |_{i \in G_0, \tau_i=+, |0.5-x_i| < \rho}; \\
\tau'_i &= +, x'_i = 0.5 + \delta_{0.5,i} |_{i \in G_{0.5}, \tau_i=-, |0.5-x_i| < \rho} + \vartheta_{0.5,i} |_{i \in G_{0.5}, \tau_i=+, |0.5-x_i| < \rho}; \\
\tau'_i &= +, x'_i = 0.5 + \delta_{0.5,i} |_{i \in G_1, \tau_i=-, |0.5-x_i| < \rho} + \vartheta_{0.5,i} |_{i \in G_1, \tau_i=+, |0.5-x_i| < \rho}; \\
\tau'_i &= -, x'_i = 1 - \delta_{1,i} |_{i \in G_0, \tau_i=+, 1-x_i < \rho} - \vartheta_{1,i} |_{i \in G_0, \tau_i=-, 1-x_i < \rho}; \\
\tau'_i &= -, x'_i = 1 - \delta_{1,i} |_{i \in G_{0.5}, \tau_i=+, 1-x_i < \rho} - \vartheta_{1,i} |_{i \in G_{0.5}, \tau_i=-, 1-x_i < \rho}; \\
\tau'_i &= -, x'_i = 1 - \delta_{1,i} |_{i \in G_1, \tau_i=+, 1-x_i < \rho} - \vartheta_{1,i} |_{i \in G_1, \tau_i=-, 1-x_i < \rho};
\end{aligned} \tag{38}$$

где $i = 1, \dots, N$.

На рис.18,а приведен типичный пример расчета системы уравнений (35) — (38). Считалось, что $T = 70$, $N = 10^3$, $N_0 = 332$, $N_{0.5} = 329$, $N_1 = 339$, $\rho = 10^{-12}$, $\varepsilon = 10^{-8}$. Матрица $\varphi_{\lambda,\mu}$, $\lambda, \mu = 0, 0.5, 1$ выбиралась в следующем виде:

$$\{\varphi_{\lambda,\mu}\} = \varepsilon \begin{bmatrix} \eta_{0,0} & \eta_{0,0.5} & \eta_{0,1} \\ 2\eta_{0.5,0} - 1 & 2\eta_{0.5,0.5} - 1 & 2\eta_{0.5,1} - 1 \\ \eta_{1,0} & \eta_{1,0.5} & \eta_{1,1} \end{bmatrix}, \tag{39}$$

где набор η с субиндексами — равномерно случайные числа из отрезка $[0,1]$. В качестве элементов матрицы $p_{\lambda,\mu}$, $\zeta_{\lambda,\mu}$, $\lambda, \mu = 0, 0.5, 1$ выбирались равномерно случайные числа из отрезка $[0,1]$.

Согласно верхнему графику на рис.18,а все три типа союзов геопатомов образовались. Для фиксации их образования использованы маркеры: кружок, гексаграмма и ромб для целей 0, 0.5, 1 соответственно. Множественные повторы маркеров в целевых точках отображают пониженные значения вероятности выхода из целевых точек в связи со случайным выбором численных

значений элементов матрицы $p_{\lambda,\mu}$, $\lambda,\mu = 0,0.5,1$. После образования союзов геопатомов их блуждание в целевом пространстве описывается случайной матрицей волевых импульсов (39). Зачастую динамика быстро прекращалась, т.к. тройке союзов геопатомов легко встретиться в целевом пространстве с последующим замедлением динамики, когда $f \rightarrow 0$ при $\min_{1 \leq i \leq N} x_i \leftrightarrow \max_{1 \leq i \leq N} x_i$. Стремление к нулю значения силы демонстрирует нижний график на рис.18,а.

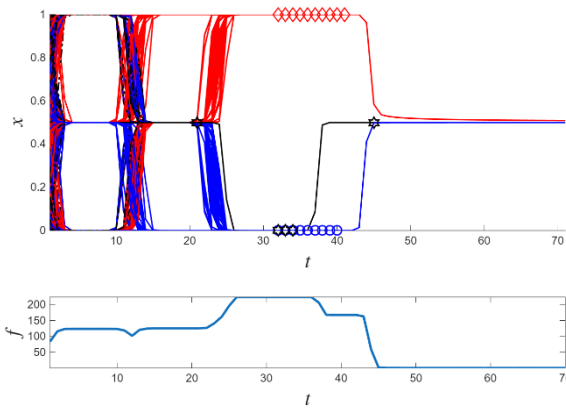


Рис.18,а. Сценарий №2: графики динамики геопатомов в целевом пространстве (верхний график) и силы (нижний график)

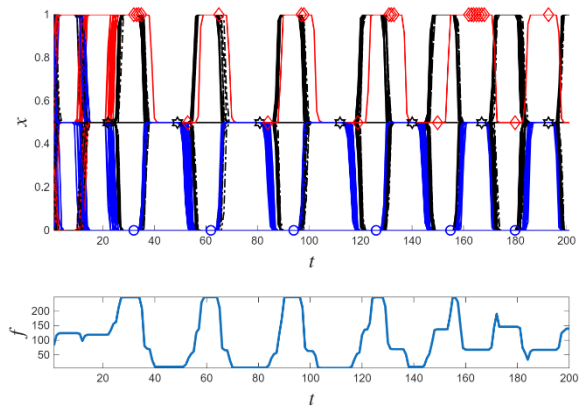


Рис.18,б. Сценарий №3: графики динамики геопатомов в целевом пространстве (верхний график) и силы (нижний график)

Таким образом, когда каждый из союзов геопатомов сохраняется, т.е. геопатомы, входящие в союзы лояльны к ним и поддерживают соответствующее единство, динамика движения в целевом пространстве быстро прекращается.

Отметим, однако, что сценарий образования трех союзов геопатомов, представленный на рис.18,а, имеет существенный изъян, т.к. все три союза геопатомов ничем принципиально друг от друга не отличаются. Предпочтения геопатомов одной из трех целей имело место на этапе образования союзов, но, как только, союзы образовались, они стали неотличимыми. Точнее говоря, в их волевых импульсах, описываемых матрицей (39), нет тех или иных целевых предпочтений.

Сценарий №3. Рассмотрим другой сценарий поведения союзов геопатомов, которые предпочитают именно свои цели.

Будем считать, что геопатомы цели 0 после образования союза действуют независимо, т.е. они независимо уходят из цели 0 в цель 0.5. В цели же 0.5 они непременно волят цель 0. Таким образом, получается, что союз геопатомов цели 0 как только образуется, так и прекращает свое существование. Далее включается механизм образования союза геопатомов цели 0 и все повторяется вновь. Данный сценарий демонстрирует предпочтение геопатомами своей собственной цели 0, которая символизирует царство свободы.

Геопатомы цели 0.5 не задерживаются в целях 0 и 1, т.к. они геопатомы цели 0.5. При это, после образования союза в цели 0.5, они действуют независимо и могут отправиться либо в цель 0, либо в цель 1. В этих условиях союз прекращает существовать и включается механизм образования союза геопатомов цели 0.5. Тем самым, все повторяется вновь.

Геопатомы цели 1 предпочитают царство необходимости. Будем считать, что после образования союза геопатомов цели 1, союз так и остается единым даже после возможного его движения в цель 0.5. В цели 0.5 союз геопатомов непременно выбирает возврат в цель 1. В итоге, союз геопатомов цели 1 один раз возникнув остается в дальнейшем целостным.

С учетом высказанных предположений переформатируем волевые импульсы союзов геопатомов (35) в следующем виде:

$$\begin{aligned} \vartheta_{0,i} &= \begin{cases} \varepsilon\eta_i(\zeta_i < p_{0,0})\sigma_{0,0}, i \in G_0; \\ \varepsilon\eta_i(\zeta_i < p_{0,0.5})\sigma_{0,0.5}, i \in G_{0.5}; \\ \varphi_{0,1}(\zeta_{0,1} < p_{0,1})\sigma_{0,1}, i \in G_1; \end{cases} \\ \vartheta_{0.5,i} &= \begin{cases} -\varepsilon\eta_i(\zeta_i < p_{0.5,0})\sigma_{0.5,0}, i \in G_0; \\ \varepsilon(2\eta_i - 1)(\zeta_i < p_{0.5,0.5})\sigma_{0.5,0.5}, i \in G_{0.5}; \\ \varphi_{0.5,1}(\zeta_{0.5,1} < p_{0.5,1})\sigma_{0.5,1}, i \in G_1; \end{cases} \\ \vartheta_{1,i} &= \begin{cases} \varepsilon\eta_i(\zeta_i < p_{1,0})\sigma_{1,0}, i \in G_0; \\ \varepsilon\eta_i(\zeta_i < p_{1,0.5})\sigma_{1,0.5}, i \in G_{0.5}; \\ \varphi_{1,1}(\zeta_{1,1} < p_{1,1})\sigma_{1,1}, i \in G_1; \end{cases} \end{aligned} \quad (40)$$

где $i = 1, \dots, N$, величины η с субиндексами — равномерно случайные числа из интервала $[0,1]$.

В (40) цветом выделен триплет волевых импульсов $\varphi_{0,1} = \varepsilon\eta_{0,1}$, $\varphi_{0.5,1} = \varepsilon\eta_{0.5,1}$, $\varphi_{1,1} = \varepsilon\eta_{1,1}$, где $\eta_{0,1}$, $\eta_{0.5,1}$, $\eta_{1,1}$ — равномерно случайные числа из отрезка $[0,1]$. Триплет волевых импульсов описывает движение союза геопатомов цели 1 в целевом пространстве. Кроме того, для союза геопатомов цели 1 при каждом проходе одной из трех целей разыгрывается триплет равномерно случайных чисел $(\zeta_{0,1}, \zeta_{0.5,1}, \zeta_{1,1})$ из отрезка $[0,1]$.

На рис.18,б приведен типичный формат динамики геопатомов ансамбля согласно сценарию №3. Графики получены с помощью решения системы уравнений (37), (38), (40). Считалось, что $T = 200$, $N = 10^3$, $N_1 = 327$, $N_{0.5} = 345$, $N_1 = 328$, $\rho = 10^{-12}$, $\varepsilon = 10^{-8}$. Как и на рис.18,а, маркеры на рис.18,б в форме кружков, гексаграмм и ромбиков обозначают первые шаги выхода союзов геопатомов целей 0, 0.5, 1 из соответствующих целевых позиций.

Отметим, что решения в формате рис.18,б, т.е. квазипериодические движения геопатомов ансамбля могут продолжаться довольно долго. Если количество геопатомов взять в пределах десяти, то динамика может внезапно быстро прекратиться. В этом случае позиции геопатомов в целевом пространстве начнут сближаться, а сила стремиться к нулю, т.е. $f \rightarrow 0$. Таким образом, заметное количество геопатомов (сотни и более) обеспечивают длительный квазипериодический режим динамики в целевом пространстве.

Сценарий №4. В рамках данного сценария определим такой формат динамики ансамбля геопатомов, при котором все геопатомы сближаются, затем внезапно расходятся так, что параметр силы достигает максимального значения. Максимум силы особенно важен в геополитике, т.к. он при наличии оружия массового поражения оказывает заметное “психофизическое” воздействие на поведение геопатомов-актеров.

Как нетрудно сообразить максимум параметра силы f при числе геопатомов N , $N \gg 1$ равен $f_{\max} = \max_{0 \leq x_1 \leq \dots \leq x_N \leq 1} f \approx \frac{1}{4}N$. Максимум силы достигается, когда две половины всего ансамбля геопатомов максимально удалены друг от друга в целевом пространстве. Из контекста понятно, что геопатомы цели 0.5 не собираются расходятся по целям 0 и 1 для обеспечения максимума силы. Однако, можно рассмотреть ситуацию, когда геопатомы центра практически отсутствуют.

Поскольку при расчетах динамики ансамбля геопатомов с помощью уравнений (38) принадлежность геопатомов к одной из трех целей выбиралась случайно, определим триплет вероятностей $p_{tgt} = (p_{0,tgt}, p_{0.5,tgt}, p_{1,tgt})$. Компоненты триплета p_{tgt} определяют вероятность принадлежности геопатома к целям 0, 0.5 и 1 соответственно при первоначальном их назначении.

На рис.19 приведен пример расчета системы уравнений (37), (38), (40). Считалось, что $T = 10^3$, $N = 10^3$, $N_0 = 510$, $N_{0.5} = 17$, $N_1 = 473$, $\rho = 10^{-12}$, $\varepsilon = 10^{-8}$, $p_{tgt} = (0.495, 0.01, 0.495)$.

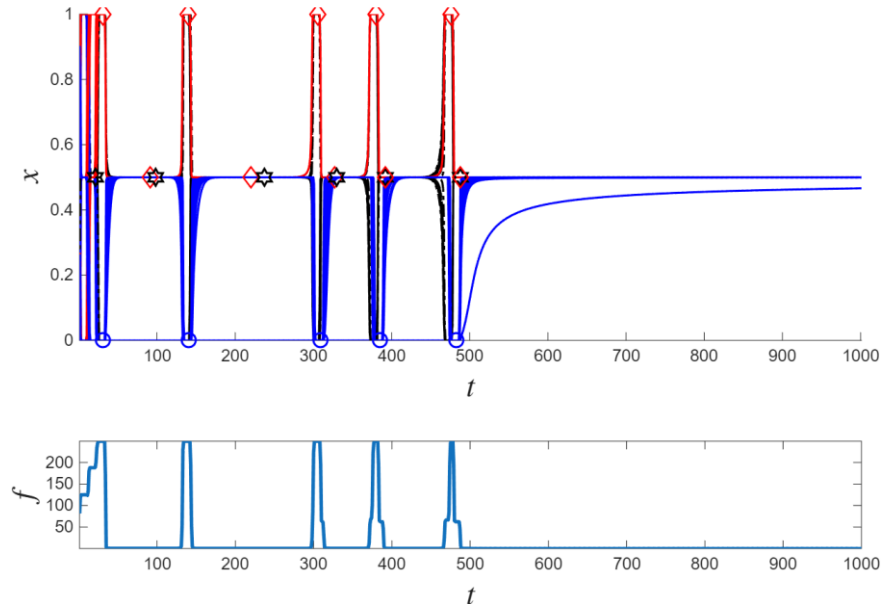


Рис.19. Сценарий №4: графики динамики геопатомов в целевом пространстве (верхний график) и силы (нижний график)

Тип динамики, представленный на рис.19 был обеспечен при выборе матрицы вероятностей $p_{\lambda,\mu}$, $\lambda, \mu = 0, 0.5, 1$ близкой к матрице единиц J размером 3×3 , т.е. $\{p_{\lambda,\mu}\} = 0.99 \cdot J + 0.01 \cdot R$, где R — матрица размером 3×3 , элементы которой равномерно случайные числа из отрезка $[0,1]$. Близость матрицы $\{p_{\lambda,\mu}\}$ к матрице единиц J означает, что геопатомы при переходе через целевую точку практически в ней не задерживаются.

Характерной особенностью поведения ансамбля геопатомов в рамках сценария №4 является мерцающий характер динамики. Почти затухающая динамика ($f \rightarrow 0$) сменяется максимальным ростом силы ($f \rightarrow f_{\max}$). Так на рис.19 можно наблюдать пять пиков роста параметра силы. В представленном

расчете максимум силы оказался равным значению 249.7, что очень близко к максимально возможному значению, равному $f_{\max} = \frac{1}{4}N = 250$.

Разобранные выше сценарии движения ансамбля геопатомов в целевом пространстве приводят к выводу о том, что есть две категории движений. Для первой категории психодинамики характерно неограниченно длящаяся динамика, для второй категории — динамика может прекратиться, когда позиции геопатомов в целевом пространстве сближаются, а параметр силы $f \rightarrow 0$. Отметим, что возможность именно второй категории движения принципиально отличает психодинамику от обычной динамики во времени.

11. Соединение геополитики и психофизики

Перейдем к синтезу моделей геополитики и психофизики, которые представлены в разделах №2 — №7 и №8 — №10 соответственно.

В разделе №7 произведена подходящая для дальнейшего построения модели нарезка территории поверхности Земли на $N = 891$ частей. Кроме того, для каждой из $N = 891$ территорий подсчитан средний вес, $\bar{w}_i, i = 1, \dots, N$ который принимает значение из отрезка $[0,1]$ и обозначает принадлежность территории к мало-крупно ранговым кластерам. Значения веса близкие к нулю характеризуют принадлежность территории к малоранговым кластерам, значения близкие к единице — к крупноранговым кластерам. Там же на рис.13 с помощью кластерного анализа приведено разделение всего ансамбля геопатомов на две (рис.13,а) и три (рис.13,б) группы соответственно.

Подсчитаем средний вес геопатомов в каждой из групп. Введем обозначения для среднего веса геопатомов в каждой из трех групп, а именно $W_\mu = \frac{1}{N_\mu} \sum_{i \in G_\mu} \bar{w}_i, \mu = 0,0.5,1$. В предыдущем разделе уже введены подходящие обозначения для множества номеров групп геопатомов $G_\mu, \mu = 0,0.5,1$ и числа геопатомов в группах $N_\mu = |G_\mu|, \mu = 0,0.5,1$, при этом должно быть верно равенство: $N_0 + N_{0.5} + N_1 = N = 891$.

Таблица №1. Число геопатомов и средний вес в группах			
Число групп	N_0/W_0	$N_{0.5}/W_{0.5}$	N_1/W_1
2	572/0.245	0/0	319/0.688
3	250/0.091	322/0.365	319/0.688

В таблице №1 сосредоточены данные о числе и среднем весе геопатомов в группах. Как уже было отмечено в разделе №7, при переходе от двух к трем группам, группа геопатомов цели 0.5 выделяется из геопатомов цели 0. Отметим также, что средние веса геопатомов целей 0 и 0.5 располагаются ближе к нулю и заметно отличаются от среднего веса геопатомов цели 1.

Рассмотрим в дальнейшем два сценария динамики ансамбля геопатомов в последовательности: в начале для трех групп, затем для двух групп.

Сценарий №5. Пусть ансамбль геопатомов поделен на три группы геопатомов в пропорции, отвечающей второй строке таблицы №1. Продолжим сплошную нумерацию сценариев, открытую в предыдущем разделе.

Определим матрицу вероятности выхода $p_{\lambda,\mu}$ союза геопатомов μ -й цели из λ -й целевой точки с помощью следующей формулы:

$$p_{\lambda,\mu} = |\lambda - W_\mu|, \quad (41)$$

где $\lambda, \mu = 0, 0.5, 1$. Смысл (41) следующий. Вероятность выхода μ -го союза геопатомов из λ -й целевой точки равна нулю, когда $\lambda = W_\mu$, т.е. когда геопатомы союза едины в своем выборе и пребывают точно в той цели, которую они предпочитают. Если последнее равенство не выполняется, союз геопатомов может выйти из той или иной цели, где он сейчас пребывает.

С учетом (41), а также средних значений весов $\{W_\mu\} = (0.091, 0.135, 0.312)$ групп геопатомов, представленных в последней строке таблицы №1, найдем, что

$$\{p_{\lambda,\mu}\} = \begin{bmatrix} 0.091 & 0.365 & 0.688 \\ 0.409 & 0.135 & 0.188 \\ 0.909 & 0.635 & 0.312 \end{bmatrix}. \quad (41')$$

Отметим, что согласно матрице (41'), союзы геопатомов целей 0, 0.5 и 1 имеют вероятности выхода из тех же целевых точек 0.091, 0.135 и 0.312 соответственно. При этом вероятность выхода союза геопатом цели 1 из этой же целевой точки заметно больше аналогичных вероятностей целей 0 и 0.5. Отмеченные вероятности выделены цветом в матрице (41').

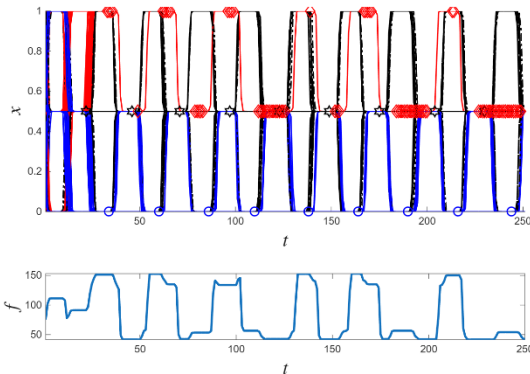


Рис.20,а. Сценарий №5: графики динамики геопатомов в целевом пространстве (верхний график) и силы (нижний график)

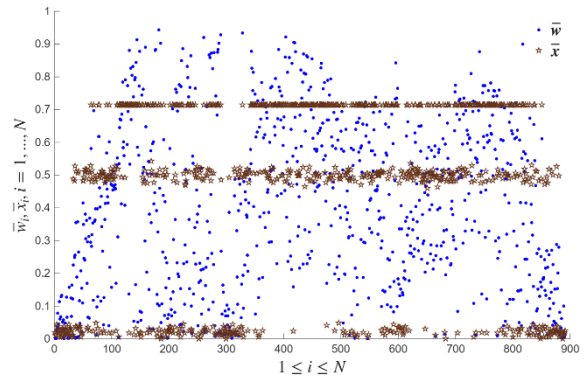


Рис.20,б. Сравнение средних весов и средних позиций геопатомов ансамбля в целевом пространстве

На рис.20,а приведены итоги расчета динамики ансамбля геопатомов путем решения системы уравнений (38), в которой волевые импульсы к образованию союзов и, собственно, самих союзов геопатомов соответствовали выбору (37), (40) соответственно. В части формата выбора волевых импульсов союзов геопатомов выбирался сценарий №3 из предыдущего раздела. Новым аспектом явилось использование конкретной матрицы вероятности выхода из целевых точек (41'). Считалось, что $T = 250$, $N = 891$, $N_1 = 250$, $N_{0.5} = 322$, $N_1 = 319$, $\rho = 10^{-12}$, $\varepsilon = 10^{-8}$. Старт осуществлялся со случайных позиций геопатомов в целевом пространстве.

Изучение рис.20,а приводит к следующим выводам. Все три союза геопатомов довольно быстро образуются и далее продолжают существовать в виде отдельных проявлений. Союзы, как и выше обозначаются маркерами в

виде кружков, гексаграмм и ромбиков для целей 0, 0.5 и 1 соответственно. При этом один-единственный союз геопатомов цели 1 проявляется в двух целевых точках 0.5 и 1. Это в точности соответствует, разобранным в предыдущем разделе сценарию №3, в котором союз геопатомов цели 1 однажды возникнув продолжает движение как единое целое. Последнее свойство не характерно для союзов геопатомов цели 0 и 0.5. Расчеты на срок до $T = 10^5$ показали однотипную квазипериодическую картину динамики ансамбля геопатомов в целевом пространстве, при этом варибельность параметра силы заметно не достигает максимума, равного значению $f_{max} \cong \frac{N}{4} = 222.75$.

Учитывая квазипериодический характер динамики ансамбля геопатомов, представленный на рис.20,а, найдем средневзвешенную позицию каждого геопатома в целевом пространстве. Введем следующие обозначения для средних позиций геопатомов:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{T-t_0} \sum_{t=t_0+1}^T x_i(t), \quad (42)$$

где $i = 1, \dots, N$, t_0 — период установления квазипериодического режима динамики. Так на рис.20,а видно, что период установления меньше значения $t_0 = 50$.

На рис.20,б сравниваются два распределения для ансамбля геопатомов: средние веса (изображены в виде точек) и средние позиции в целевом пространстве (изображены в виде пентаграмм), найденные согласно (42). Считалось, что $T = 10^3 + 50$, $t_0 = 50$. Из рисунка хорошо видно, что средние веса, характеризующие принадлежность геопатомам к мало-крупноранговым кластерам квазиравномерно случайно распределены в целевом пространстве. Средние же по времени позиции геопатомов в целевом пространстве сосредоточены в виде отчетливых полос, которые ранее истолкованы в качестве групп геопатомов целей 0, 0.5 и 1. Отсутствие варибельности целевой позиции геопатомов цели 1 связано с тем, что союз геопатомов цели 1 один раз возникнув продолжает существовать и далее.

В полном соответствии с моделью псифизики, каждый из геопатомов ансамбля определился со своей принадлежностью к одной из трех целей. При этом найденная целевая сепарация в отдельных случаях имела место не благодаря, а вопреки геофизическим основаниям данного геопатома. В качестве такого геофизического фундамента выступает средний вес геопатома. Таким образом, каждый i -й геопатом находится между своим собственным геофизическим основанием в лице значения \bar{w}_i , с одной стороны, и текущей геополитической конъюнктурой в лице значения \bar{x}_i , — с другой стороны.

При переходе к изучению следующего сценария с двумя группами геопатомов в целевом пространстве отметим следующее соображение. Сценарий №4 из предыдущего раздела был специально рассмотрен, т.к. он приводит к мерцающему характеру психодинамики. В этом режиме длительные периоды близких к нулю значений силы сменяются резким ростом вплоть до максимума и с дальнейшим откатом опять к малым значениям силы. Данный режим важен для изучения формата прекращения психодинамики в целевом пространстве,

когда все геопатомы оказываются в окрестности одной и той же цели, а сила стремится к нулю. Этот формат резко контрастирует с предыдущим сценарием, в котором психодинамика носила квазипериодический характер и длилась заметное число итераций.

Сценарий №6. Пусть ансамбль геопатомов поделен на две группы геопатомов в пропорции, отвечающей первой строке таблицы №1.

Следуем далее логике сценария №4 предыдущего раздела. Тип динамики, представленный на рис.19 был обеспечен при выборе матрицы вероятностей $p_{\lambda,\mu}$, $\lambda, \mu = 0, 0.5, 1$ близкой к матрице единиц J размером 3×3 . Выберем $\{p_{\lambda,\mu}\} = 0.9925 \cdot J + 0.0075 \cdot R$, где R — матрица размером 3×3 , элементы которой равномерно случайные числа из отрезка $[0,1]$. Близость матрицы $\{p_{\lambda,\mu}\}$ к матрице единиц J означает, что геопатомы при переходе через целевую точку практически в ней не задерживаются.

На рис.21,а приведен образец мерцающей динамики в целевом пространстве ансамбля геопатомов. Считалось, что $T = 10^3$, $N = 891$, $N_0 = 572$, $N_1 = 319$, $\rho = 10^{-12}$, $\varepsilon = 10^{-8}$. На верхнем графике имело место семь колебаний от значения силы близкой к нулю до максимального значения, равного в данном варианте расчета величине $f_{max} = \frac{N_0 N_1}{N_0 + N_1} \cong 204.79$. Характер изменчивости силы приведен на нижнем графике.

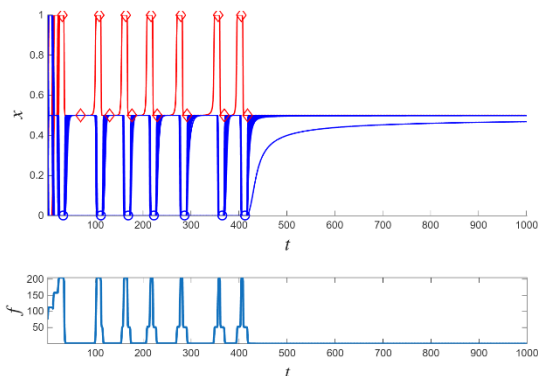


Рис.21,а. Сценарий №6: графики динамики геопатомов в целевом пространстве (верхний график) и силы (нижний график)

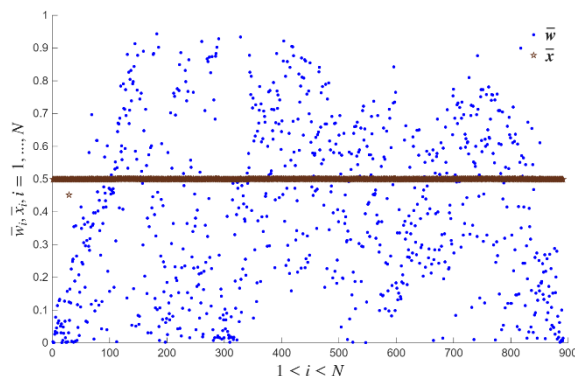


Рис.21,б. Сравнение средних весов и средних позиций геопатомов ансамбля в целевом пространстве

На рис.21,б приведено совместное позиционирование средних весов геопатомов, а также средних позиций геопатомов ансамбля, подсчитанные согласно формуле (42). Считалось $T = 10^3$, $t_0 = 500$, $N = 891$, $N_0 = 572$, $N_1 = 319$, $\rho = 10^{-12}$, $\varepsilon = 10^{-8}$. Поскольку все геопатомы ансамбля собрались в окрестности целевой точки 0.5, постольку их средние позиции за последние $T - t_0 = 500$ итераций оказались близкими. Если на рис.20,б группы геопатомов соответствующих целей хорошо определены, т.е. разнесены в целевом пространстве, на рис.21,б геопатомы целей 0 и 1 не отделены друг от друга, пребывая в окрестности целевой точки.

Отметим, что длительное приближение к целевой точке 0.5 на рис.21,б может смениться внезапным резким разбеганием геопатомов к целям 0 и 1, а

затем повторным приближением к цели 0.5. Именно режим долгого сближения всех геопатомов ансамбля к одной из целевых точек (как правило к целевой точке 0.5) рассматривался в нормативной модели глобальной истории [11] в качестве одного из сценариев завершения глобальной исторической психодинамики. В целом же рис.21,б демонстрирует триумф псифизики над геофизикой. Если с точки зрения геофизики все геопатомы различны, с точки зрения псифизики они идентичны в окрестности единой целевой точки.

12. Пси(гео)физический контекст политической карты мира

Из последнего раздела стало понятно, что за фасадом глобальной геополитической вариабельности в лице психодинамики скрывается нечто более или менее инвариантное и мало изменчивое — это геофизическая особенность того или иного геопатома. Эту особенность можно описать в терминах климата, рельефа и трафика, что и было ранее проделано в работах автора на примере математической модели геополитики.

В итоге на глобальную политическую карту мира можно взглянуть одновременно с двух точек зрения — психофизической и геофизической. Другими словами, необходимо, на примере текущей политической карты мира, понять, чего больше (меньше) в существовании государств — псифизики или геофизики.

В разделе №3 уже была рассмотрена базовая сетка на поверхности земного глобуса с разрешением в половину градуса. Всего таких узлов в сетке будет $N_{Sphere} = 360 \times 720 = 259'200$. После вычитания точек, относимых к поверхности океана, ранее было найдено число точек поверхности суши $N_{Land} = 81'192$. Отнесем все узлы суши к тому или иному государству. Пусть число государств (а также территорий с иным статусом) на Земле N_c , тогда с каждым государством можно связать множества точек $C_i, i = 1, \dots, N_c$ из набора N_{Land} .

В разделе №7 определены $N_{lm} = 891$ скоплений точек суши $A_j, j = 1, \dots, N_{lm}$, относимых к точкам локальных максимумов весов точек поверхности суши, которые классифицируют их с точки зрения мало-крупноранговых кластерных предпочтений. Таким образом, точки суши в количестве N_{Land} можно разбить на группы двумя способами: 1) по странам, $C_i, i = 1, \dots, N_c$ и 2) по их геофизическим предпочтениям, $A_j, j = 1, \dots, N_{lm}$.

Определим бинарную операцию $g(C_i, A_j), i = 1, \dots, N_c, j = 1, \dots, N_{lm}$ между наборами множеств $\{C_1, \dots, C_{N_c}\}$ и $\{A_1, \dots, A_{N_{lm}}\}$, которая возвращает пустое множество, когда одно множество полностью входит в другое, либо равно другому, либо не пересекается с другим и пересечение пары множеств в обратном случае. В этом случае можно записать:

$$g(A, B) = \begin{cases} \emptyset, & (A \subseteq B) \vee (A \supseteq B) \vee (A \cap B = \emptyset); \\ A \cap B, & \overline{(A \subseteq B) \vee (A \supseteq B) \vee (A \cap B = \emptyset)}; \end{cases} \quad (43)$$

где \vee — логическая операция “или”, черта сверху — логическое отрицание.

Смысл операции (43) следующий. Когда соответствующая пара множеств имеет частичное пересечение, возникает “напряжение” между текущим политическим устройством и геофизикой. Наличие напряжения выражается в

том, что $g(C_i, A_j) \neq \emptyset$ при данных i, j . И, наоборот, когда $g(C_i, A_j) = \emptyset$, одно из множеств входит в другое, равно другому, либо не пересекается с другим.

С учетом того, что операция (43) симметрична относительно перестановки аргументов, можно определить следующую пару наборов множеств точек суши:

$$C_i = \bigcup_{j=1}^{N_{lm}} g(C_i, A_j), i = 1, \dots, N_c; \quad (44)$$

$$A_j = \bigcup_{i=1}^{N_c} g(A_j, C_i), j = 1, \dots, N_{lm}. \quad (44')$$

Множество C_i , полученное с помощью (44), состоит из тех точек, которые отвечают частичному вхождению одного или нескольких регионов из группы $\{A_1, \dots, A_{N_{lm}}\}$ в i -государство. В целом множество C_i можно толковать как совокупность мест напряжения в государственной структуре, места, в которых имеется напряжение между психификой и геофизикой. Как правило, указанные места приближены к государственной границе каждого из государств.

Аналогично множество A_j , полученное с помощью (44'), состоит из тех точек, которые отвечают частичному вхождению одного или группы государств из набора $\{C_1, \dots, C_{N_c}\}$ в j -й регион. Поскольку регион A_j не является государством, можно говорить о его освоении одним или группой государств, при этом места освоения приближены к границе j -го региона. В целом множество A_j можно толковать как места напряжения между средой обитания без человека и средой для человека, в которой имеется минимальная инфраструктура для жизни.

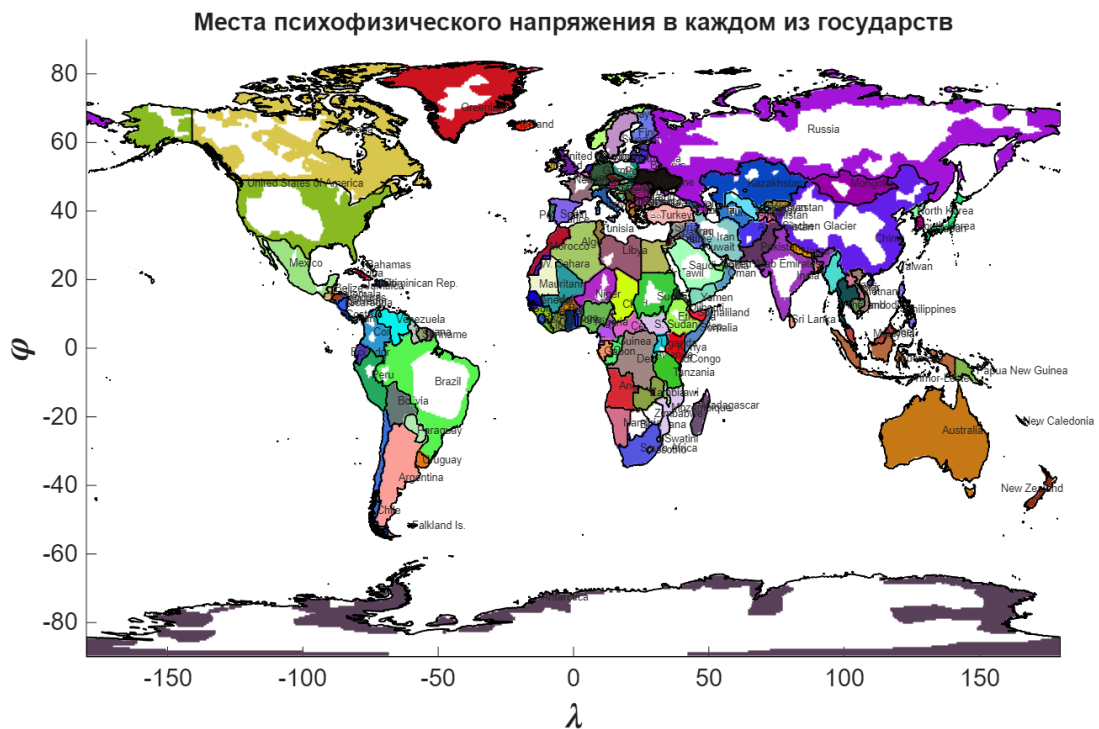


Рис.22. Политическая карта мира с учетом мест психофизического напряжения

На рис.22 приведены границы $N_c = 171$ государств с соответствующими названиями. Границы выделены черной линией. Случайной цветной

раскраской выделены территории из набора $\{A_1, \dots, A_{N_{lm}}\}$, которые частично пересекают государственную границу. Белые незакрашенные территории внутри России, Китая, Бразилии, США, Канада, Индия, и пр. обозначают территории из набора $\{A_1, \dots, A_{N_{lm}}\}$, полностью вошедшие в перечисленные страны. Визуальный осмотр карты на рис.22 показал, что Ботсвана и Зимбабве не имеют в пределах государственных границ территорий, окрашенных цветом. Таким образом, обе страны не имеют психофизического напряжения. Их существование полностью соответствуют индивидуальной геофизике.

Рассмотрим более подробно карту Российской Федерации, в которой цветом выделены территории, требующие внимательного политического мониторинга и психофизического напряжения. На рис.23,а приведена искомая карта. Следует отметить немалое количество территорий, которые требуют значительного политического мониторинга с точки зрения проявления возможных центробежных социальных сил.

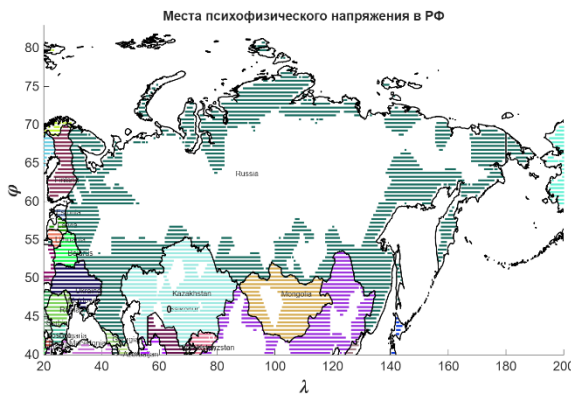


Рис.23,а. Единым цветом на территории Российской Федерации выделены места психофизического мониторинга

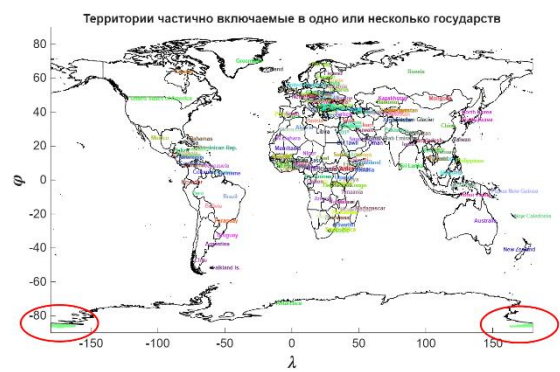


Рис.23,б. Одна-единственная территория в Антарктике в районе линии смены дат, которая не охвачена государствами

Был также найден набор территорий $\{A_1, \dots, A_{N_{lm}}\}$ по формуле (44'). Оказалось, что среди имеющегося набора имеется одна-единственная территория в окрестности Антарктики в районе линии смены дат. На рис.23,б эта территория выделена цветом, а также оконтурена красными эллипсами. Кроме того, на графике нанесены границы государств и их названия, окрашенные случайным цветом. Таким образом, только одна территория в Антарктике не охвачена сообществом государств на Земле.

Определим искомый индекс, $I_{psy/geo,i}$, который оценивает долю психофизики в устройстве i -государства, $i = 1, \dots, N_c$. Введем обозначения для площади мест психофизического напряжения $P_i = \text{mes } C_i$, $i = 1, \dots, N_c$ каждого из государств. Введем также обозначение для площади государств $S_i = \text{mes } C_i$, $i = 1, \dots, N_c$. В этом случае искомый индекс представим в следующем виде:

$$I_{psy/geo,i} = 100\% \frac{P_i}{S_i}, i = 1, \dots, N_c. \quad (45)$$

Смысл индекса $I_{psy/geo,i}$ следующий. Он описывает долю политики в устройстве i -го государства. Можно также ввести дополнительный индекс

$$I_{geo/psy,i} = 100(1 - \frac{P_i}{S_i}), i = 1, \dots, N_c. \quad (45')$$

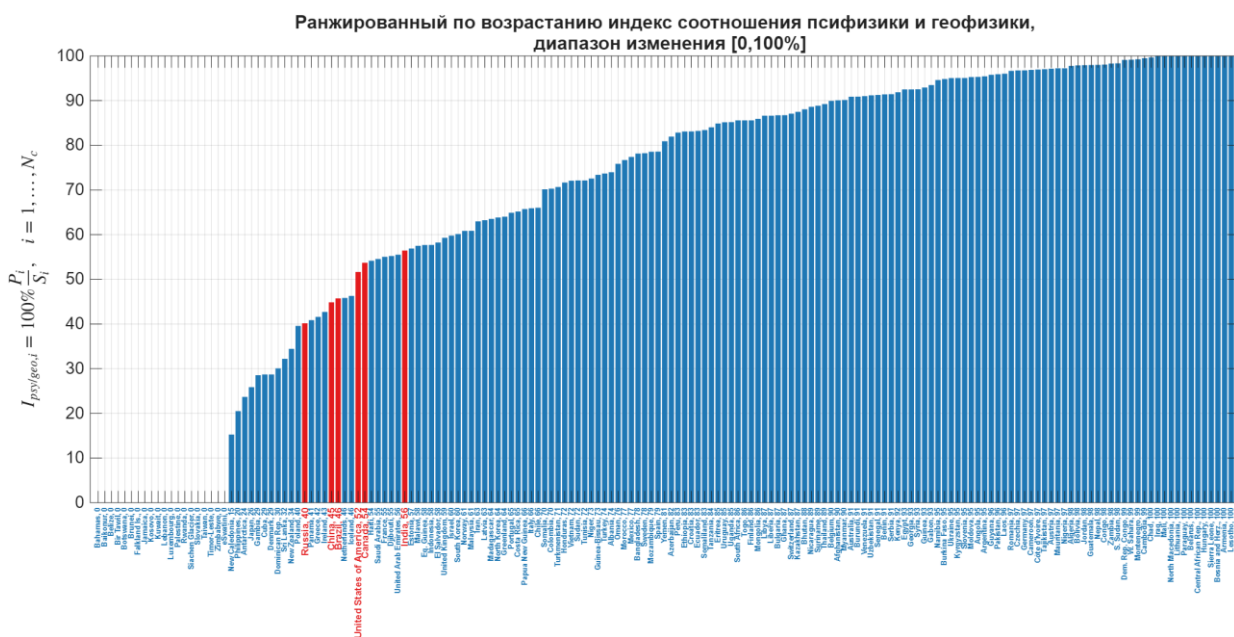


Рис.24. Итоговое распределение индекса соотношения психифизики и геофизики по возрастанию

Индекс $I_{geo/psy,i}$ описывает долю геофизики в устройстве i -го государства. Очевидно, что $I_{psy/geo,i} + I_{geo/psy,i} = 100\%$, $i = 1, \dots, N_c$. На рис.24 приведен результат подсчета индекса (45).

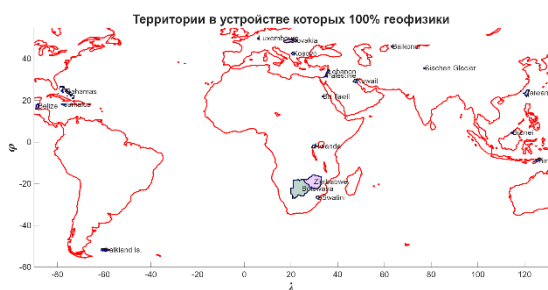


Рис.25,а. 20 территорий в устройстве которых 100% геофизики

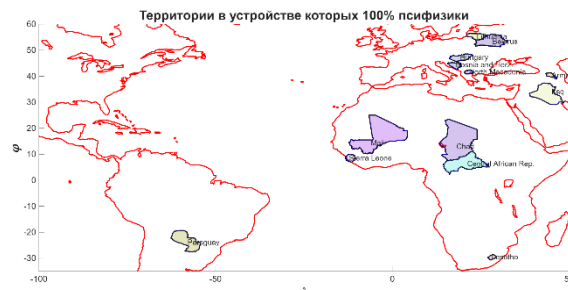


Рис.25,б. 13 территорий в устройстве которых 100% психифизики

Анализ гистограммы на рис.24 показывает следующие характерные особенности. Нашлось 20 государств из $N_c = 171$, которые имеют нулевое значение индекса психифизики, т.е. они на 100% являются геофизическими образованиями. Наконец, 13 государств (с учетом округления) имеют значение индекса психифизики, равного 100%, т.е. они на 100% собраны из политики. На рис.24 помимо названий государств выведены округленные значения индекса психифизики. Красным цветом выделены крупнейшие страны на глобусе: Россия, Китай, Бразилия, Соединенные Штаты Америки, Канада, Индия со значениями индексов 40%, 45%, 46%, 52%, 54%, 56%. Все указанные страны имеют значения индекса в окрестности 50% и равно удалены от крайностей нулевого и стопроцентного значений.

На рис.25 приведены карты расположения территорий, имеющих 100% геофизики (рис.25,а) и 100% псифизики (рис.25,б) в своих устройствах.

Таблица №2. Значения индексов (45), (45') по странам

Название страны	$I_{psy/geo}$	$I_{geo/psy}$
Bahamas	0	100
Baikonur	0	100
Belize	0	100
Bir Tawil	0	100
Botswana	0	100
Brunei	0	100
Falkland Is.	0	100
Jamaica	0	100
Kosovo	0	100
Kuwait	0	100
Lebanon	0	100
Luxembourg	0	100
Palestine	0	100
Rwanda	0	100
Siachen Glacier	0	100
Slovakia	0	100
Taiwan	0	100
Timor-Leste	0	100
Zimbabwe	0	100
eSwatini	0	100
New Caledonia	15	85
Philippines	20	80
Antarctica	24	76
Japan	26	74
Gambia	29	71
Cuba	29	71
Denmark	29	71
Dominican Rep.	30	70
Sri Lanka	32	68
New Zealand	34	66
Poland	40	60
Russia	40	60
Panama	41	59
Greece	42	58
Ireland	43	57
China	45	55
Brazil	46	54
Netherlands	46	54
Iceland	46	54
United States of America	52	48
Canada	54	46
Haiti	54	46
Saudi Arabia	55	45
France	55	45
Djibouti	55	45
United Arab Emirates	56	44
India	56	44
Estonia	57	43
Malawi	58	42
Eq. Guinea	58	42
Indonesia	58	42
El Salvador	58	42
United Kingdom	59	41
Israel	60	40
South Korea	60	40

Norway	61	39
Malaysia	61	39
Iran	63	37
Latvia	63	37
Madagascar	64	36
North Korea	64	36
Greenland	64	36
Portugal	65	35
Costa Rica	65	35
Papua New Guinea	66	34
Italy	66	34
Chile	66	34
Somalia	70	30
Colombia	70	30
Turkmenistan	71	29
Honduras	72	28
Vietnam	72	28
Sudan	72	28
Tunisia	72	28
Niger	73	27
Guinea-Bissau	73	27
Turkey	74	26
Albania	74	26
Oman	76	24
Morocco	77	23
Mexico	77	23
Bangladesh	78	22
Sweden	78	22
Mozambique	79	21
Spain	79	21
Yemen	81	19
Azerbaijan	82	18
Peru	83	17
Ethiopia	83	17
Croatia	83	17
Ecuador	83	17
Somaliland	83	17
Tanzania	84	16
Eritrea	85	15
Uruguay	85	15
Uganda	85	15
South Africa	86	14
Togo	86	14
Finland	86	14
Mongolia	86	14
Libya	87	13
Liberia	87	13
Bulgaria	87	13
Ghana	87	13
Switzerland	87	13
Kazakhstan	87	13
Bhutan	88	12
Nicaragua	89	11
Suriname	89	11
Thailand	89	11
Belgium	90	10
Afghanistan	90	10
Myanmar	90	10
Australia	91	9

Burundi	91	9
Venezuela	91	9
Uzbekistan	91	9
Senegal	91	9
Benin	91	9
Serbia	91	9
Kenya	92	8
Egypt	93	7
Georgia	93	7
Syria	93	7
Guinea	93	7
Gabon	93	7
Namibia	95	5
Burkina Faso	95	5
Ukraine	95	5
Kyrgyzstan	95	5
Slovenia	95	5
Moldova	95	5
Angola	95	5
Argentina	95	5
Guyana	96	4
Pakistan	96	4
Laos	96	4
Romania	97	3
Czechia	97	3
Germany	97	3
Cameroon	97	3
Côte d'Ivoire	97	3
Tajikistan	97	3
Austria	97	3
Mauritania	97	3
Nigeria	97	3
Algeria	98	2
Bolivia	98	2
Jordan	98	2
Guatemala	98	2
Nepal	98	2
Congo	98	2
Zambia	98	2
S. Sudan	98	2
Dem. Rep. Congo	99	1
W. Sahara	99	1
Montenegro	99	1
Cambodia	99	1
Chad	100	0
Iraq	100	0
Mali	100	0
North Macedonia	100	0
Lithuania	100	0
Paraguay	100	0
Belarus	100	0
Central African Rep.	100	0
Hungary	100	0
Sierra Leone	100	0
Bosnia and Herz.	100	0
Armenia	100	0
Lesotho	100	0

Соберем значения индексов (45). (45') для всех $N_c = 171$ стран. В таблице №2 приведены искомые данные. Данные гистограммы на рис.24 и в таблице №2 полностью соответствуют друг другу.

Оценим глобальный индекс соотношения пси(гео)физики для всего глобуса. С учетом (45) запишем следующую расчетную формулу:

$$I_{psy/geo} = 100\% \frac{\sum_{i=1}^N P_i}{\sum_{i=1}^N S_i}. \quad (46)$$

В итоге по формуле (46) было подсчитано, что глобальный индекс составил значение $I_{psy/geo} = 63.31\%$. Другими словами, в целом в глобальном мире политики заметно больше, чем геофизики.

13. Заключение

В представленной математической модели удалось соединить, с одной стороны, геополитику, с другой стороны, — псифизику. Как первую, так и вторую математические модели, автор разрабатывал ранее независимо друг от друга. Синтез двух этих моделей привел к неожиданным результатам.

С точки зрения геополитики удалось найти обоснованную нарезку территории суши поверхности Земли. Эти территории были названы геопатомами, их выбор был связан с местами локализации мало-крупноранговых скоплений территорий. В процедуре нарезки суши были учтены все стандартные геополитические факторы такие, как климат, рельеф и трафик.

С точки зрения псифизики каждый из найденных геопатомов был наделен внутренним целевым пространством, которое параметризовалось отрезком $[0,1]$. В целевом пространстве определены две глобальные метаисторические цели, названные в нормативной модели глобальной истории царствами свободы и необходимости. Эти две цели маркировались точками 0 и 1. Помимо указанных целей, введена также цель центра, описываемая числом 0.5. Все геопатомы поляризовались с учетом своих целевых предпочтений. Под глобальной геополитической психодинамикой понимается изучение типов движения целевых предпочтений геопатомов.

Обнаружено и классифицировано два типа движения ансамбля геопатомов в целевом пространстве. Неограниченная динамика в форме квазипериодических колебаний. Этот тип динамики отвечает нашим физикалистским ожиданиям о неограниченном во времени блужданиям геопатомов в целевом пространстве. Второй тип движения может привести к остановке психофизического процесса, когда все геопатомы встречаются в единой для всех целей точке, как правило в точке 0.5. Ко второму типу поведения приводят многие начальные конфигурации и специально настроенные параметры системы в целом. Толкования движения второго типа допускают множество интерпретаций. В задачу данной работы не входило изучение различных интерпретаций феномена этой остановки.

Особо следует отметить последний раздел работы, где вскрывается пси(гео)физический контекст политической карты мира. Вводится и подсчитывается единый пси(гео)физический индекс для всех государств на планете. Он меняется в диапазоне $[0,100\%]$ и определяет в процентах количество псифизики или просто политики в устройстве каждого из государств на Земле. Индекс был подсчитан для 171 государства или территории с иным статусом.

Изучение общей статистики вычисленного индекса показало, что крупные страны такие, Россия, Китай, Бразилия, Соединенные Штаты Америки, Канада, Индия имеют индекс в окрестности значения 50%. Индекс

большинства стран меняется в широком диапазоне от очень малого значения, буквально 0% до 100%. Вычисленный индекс имеет двойной смысл, если его вычесть из 100%, то получим индекс геофизики в устройстве каждого из государств.

Наконец, индекс пси(гео)физики был подсчитан для мира в целом. Оказалось, что для мира в целом он равен 63.31%, т.е. в устройстве мира психифизики больше, чем геофизики.

14. Список литературы

1. *Плохотников К.Э.* Математическая модель геополитики// *Мировая политика*. — 2017. — №3. — С.23 — 74. DOI: 10.25136/2409-8671.2017.3.23674
2. *Плохотников К.Э.* Геополитика в терминах климата, рельефа и трафика/ *Форсайт глобализации: политика, экономика, управление: Монография [под ред. А.В. Бредихина]*. — М.: АНО ЦЭМИ. — 2018. — С.71 — 114.
3. *Плохотников К.Э.* Определение понятия силы в геополитике// *Архонт*. — 2025. — №11(62). — С.17 — 42; <https://disk.yandex.ru/i/uTjGO5kmmXaqNw>
4. *Плохотников К.Э.* Психифизика: к теории взаимодействия оператора с устройством// *Мир психологии*. — 2006. — №2(46). — С.248 — 262.
5. *Плохотников К.Э.* Математическое моделирование глобальной общественной динамики/курс лекций. — М.: Флинта, 2018. — 388с. ISBN 978-5-9765-3945-7
6. *Швецов В.И.* Математическое моделирование транспортных потоков// *Автомат. и телемех.* — 2003. — Вып. 11. — С.3 — 46.
7. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: учеб. пособие/ *Гасников А.В., Кленов С.Л., Нурминский Е.А., Холодов Я.А. и др.* Под ред. А.В. Гасникова. — М.: МФТИ. — 2010. — 362с.
8. *Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д.* Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности. — М.: Финансы и статистика. — 1989. — 607с.
9. *Лефевр В.А.* Конфликтующие структуры. — Москва: Сов. Радио. — 1973. — 159с.
10. *Словохотов Ю.Л.* Физика общества: применение физических моделей в описании общественных явлений/ — Москва: URSS: ЛЕНАНД. — 2024. — 870с.
11. *Плохотников К.Э.* Математическое моделирование глобальной общественной динамики/курс лекций. — М.: Флинта. — 2018. — 388с.