



Европейская экономическая комиссия**Конференция европейских статистиков****Пятьдесят восьмая пленарная сессия**

Париж, 8–10 июня 2010 года

Пункт 6 предварительной повестки дня

Пространственная статистика**Измерение компактности населенных мест в Израиле****Записка Центрального статистического бюро Израиля***Резюме*

Настоящее исследование посвящено вопросам измерения планировочной структуры населенных мест с использованием непрерывной шкалы, начиная от компактного и кончая разбросанным типом такой структуры. Как правило, компактность ассоциируется с концентрированным типом организации территории в пределах границы правильной формы и противопоставляется дисперсному или фрагментированному типу планировки, который сказывается на расходах на инфраструктуру и услуги общего пользования. Данное исследование проведено по заказу Министерства внутренних дел Израиля в рамках более широкого проекта, целью которого является разработка модели для оценки местных административно-территориальных образований Израиля с применением широкого круга показателей, имеющих отношение к предоставлению коммунальных услуг населению на территории, таких местных образований.

Индекс компактности рассчитывается по 197 муниципалитетам и местным советам Израиля исходя из характеристик их территориально-пространственной организации по состоянию на 2006 год. Уровень компактности конкретного населенного места рассчитывается как комбинация нескольких параметров типа планировочной структуры городского поселения, включая его конфигурацию, концентрацию, заполнение пространства, внутреннюю связанность и интенсивность землепользования. Каждый из этих параметров также является концептом, который может измеряться различными способами.

Ключевые слова: измерение компактности, измерение разбросанности, территориально-пространственные параметры, тип планировочной структуры городского поселения, землепользование.

I. История вопроса

1. Термин "компактный" и его антоним "разбросанный" широко применяются для характеристики типа планировочной структуры городских и сельских поселений. Разбросанность характеризуется низкой плотностью, удаленностью от централизованных коммунальных систем, пространственной расчлененностью видов землепользования, появлением обособленных районов застройки и линейностью структуры планировки (Galster et al., 2001; проект "СКЭТТЕР", 2002–2004 годы). Хотя компактность и концентричность создают свои специфические проблемы (перегруженность крупных городов), в специальной литературе сложилось общее мнение, согласно которому дисперсные и фрагментированные типы пространственной организации поселений создают дополнительные сложности в их обслуживании и приводят к удорожанию взаимодействия с ними, вследствие чего общие экологические, экономические и социальные последствия некомпактного типа планировки имеют негативный характер. Разбросанность приводит к повышению расходов на инфраструктуру и услуги общего пользования, является причиной нерационального использования энергии, повсеместных заторов дорожного движения и увеличения времени поездок вследствие недостаточных возможностей общественного транспорта и высокого уровня использования частных легковых автомобилей, что в свою очередь создает пространственный дисбаланс между местами проживания населения и местами работы.

2. В последние годы во всем мире прилагались большие усилия, направленные на реализацию концепции устойчивого роста городов и применение моделей компактного города. Измерению компактности/разбросанности посвящен большой объем специальной литературы. Хотя предлагается и применяется большое число измеряемых признаков, лишь немногие авторы дают определения терминов, при этом все определения являются не более, чем перечнем различных аспектов планировочной структуры, измеряемых по непрерывной шкале от компактного до разбросанного типа планировочной структуры. Причина отсутствия точного определения разъясняется в работе Ewing et al. (2002): *"Разброс и его противоположность – компактный тип планировки представляют собой концепты, то есть такие же теоретические абстракции, как и "интеллект" в образовании или "полезность" в экономике. Как таковые они должны быть представлены операционными переменными (параметрами), которые могут быть объективно измерены. Эти переменные, возможно, не полностью отражают исходные концепты, с которыми они связаны, но они позволяют улавливать суть концептов. Различные параметры планировочной структуры, которые позволяют проводить различия между компактной и разбросанной структурами (плотность, виды землепользования и т.д.), также являются концептами, которые могут измеряться разными способами"*. Даже те авторы, которые придерживаются более или менее сходной концепции в формулировке определения, предлагают весьма различные способы измерения типа планировочной структуры. Выбор измеряемых признаков зависит от целей конкретного проекта, а также от наличия данных для расчетов.

3. "Компактность" несмотря на отсутствие точного этого определения термин интуитивно понимается как нерасчлененный и концентрированный тип организации территории. В случае объекта, состоящего из отдельных и взаимно удаленных элементов, такое понимание может выражаться и измеряться в терминах близости элементов друг от друга или от какой-то центральной точки. Так, в Израиле компактность планировки регионального совета, в состав которого входит несколько населенных мест, измеряется на основе среднего рас-

стояния от населенных мест, расположенных на территории совета до его общественно-делового (муниципального) центра. Измерение компактности планировки муниципалитета или местного совета является более сложной задачей, поскольку в состав этих местных административно-территориальных единиц входит единственное населенное место и, таким образом, их нельзя рассматривать лишь как совокупность отдельных элементов. В настоящем исследовании описывается методика расчета индекса компактности муниципалитетов и местных советов Израиля, опирающаяся на комбинацию значений нескольких территориально-пространственных параметров городской планировочной структуры.

II. Исходные аспекты

4. Компактное населенное место обычно ассоциируется с концентрическим типом планировки в пределах границы правильной формы и противопоставляется дисперсной и фрагментированной структуре планировки. Из числа многочисленных параметров структуры городской планировки, упоминаемых в литературе, можно выделить три основных: конфигурацию, интенсивность землепользования и такие территориально-пространственные характеристики, как многообразие, внутренняя связанность и доступность. Эти аспекты не обязательно взаимосвязаны друг с другом и по отдельности могут вести к различиям в понимании определений и измерений компактности.

A. Конфигурация: охватывает такие геометрические параметры, как размер, форма и протяженность

5. С геометрической точки зрения компактность соответствует стандартному словарному определению, приводимому в работе Niemi et al. (1990): "Фигура является компактной в случае, если она помещена в относительно малый объем пространства или ее части тесно примыкают друг к другу. Напротив, фигура не является компактной в той степени, в которой она является протяженной". Так, окружности и квадраты считаются компактными, в то время как удлиненные, узкие и "неправильные" формы считаются некомпактными.

6. В основу большого числа способов измерения конфигурации, обсуждаемых в литературе, положены геометрические фигуры, применяемые в качестве стандарта при сопоставлениях различных форм. Кроме того, существует немало нестандартных способов измерения протяженных или дисперсных фигур, основанных на установлении отношения длины к ширине, отношения периметра к площади или расстояния от центра до границы, а также таких способов измерения, которые связаны со взвешиванием по численности населения (подробную информацию, касающуюся обсуждения этого вопроса и сопоставления различных способов измерения в работе, см. Niemi et al. (1990) и Siegel (1996)). Согласно Niemi et al. (1990), важно учитывать, что, даже не выходя за предела аспекта конфигурации, данная проблема сохраняет свой многомерный характер. Ни одно значение в отдельности не может адекватно выразить двухмерный характер пространственной протяженности, не говоря уже о населении или каком-либо другом дополнительном компоненте. И именно поэтому ни одно определение, основанное на единственной переменной, не является адекватным, в связи с чем для определения концепции необходимо одновременно рассматривать большое число измеряемых признаков.

7. Измеряемые признаки конфигурации описывают границы, в пределах которых происходит реализация планировочной структуры. Но они не отражают ни интенсивности планировочной структуры в рамках заданной формы, ни ее внутренней взаимосвязанности.

В. Интенсивность землепользования или пространства: подразумевает параметр плотности

8. Как отмечается в работе Torrens and Alberti (2000), в литературе практически нет единого мнения по поводу определения плотности в плане того, какую переменную (вид деятельности) следует использовать: жилищные единицы, численность населения или занятость; в каких масштабах следует проводить исследования: в масштабе городской агломерации, городского района или квартала; в какой географической зоне следует проводить измерение: в целом по району (плотность брутто) или по жилому району (плотность нетто).

9. Кроме того, к измерению плотности применяются два широких подхода: во-первых, в пределах общего имеющегося пространства определяется абсолютный размер пространства, которое занято данным видом землепользования. Во-вторых, измеряется показатель заполнения пространства, определяемый по расстоянию от некоторой центральной точки города (как правило, центрального делового квартала). При втором подходе проводятся расчеты затухания плотности на основе функций плотности городского населения, а также расчеты дробной размерности (дополнительные подробности обсуждения см. Batty and Kwang (1992) и Mesev et al., (1995)).

С. Территориально-пространственные характеристики планировочной структуры, характеризующие многообразие и дисперсность землепользования, внутреннюю связанность и доступность

10. Для определения таких характеристик некомпактной планировочной структуры, как фрагментация, территориальная обособленность, расчлененность, дисперсность и разрозненность организации территории в работе Torrens and Alberti (2000) используется термин "разброс". Для измерения территориально-пространственных характеристик моделей землепользования применяется или может применяться большое число терминов из различных областей знаний (морфологии городов, экологии ландшафта, теории пространственного взаимодействия, информационной теории, социологии). Эти термины могут соответствовать таким переменным, как плотность землепользования (измеряемая различными способами), количество видов землепользования, расстояния между зонами, (определяемые в разных масштабах) и т.д., а также могут быть выражены в форме средневзвешенного значения, коэффициента корреляции, энтропии и т.д. Излагаемое ниже является попыткой сгруппировать эти измеряемые признаки с учетом их математической формы и области знания, из которой они почерпнуты.

а) В работе Torrens and Alberti (2000) предлагается индекс разброса, рассчитываемого в качестве средневзвешенного значения расстояния от участков, занимаемых жилыми домами, до их центра тяготения, определяемого по взвешенному значению. Измерение концентричности, предложенное в связи с проектом "СКЭТТЕР" (2002–2004 годы), основано на сходной идее и рассчиты-

вается как средняя плотность городских зон, взвешенная по квадрату расстояния между центрами тяготения зон и всего города в целом. Для измерения пространственного взаимодействия и дисперсности планировочных структур городского поселения в работе *Thinh et al. (2001)* предлагается использовать степень компактности, выводимую из закона тяготения и рассчитываемую как среднее значение силы притяжения между растровыми ячейками.

b) Показатели территориально-пространственной ассоциации (I-статистика Морана и другие) позволяют измерять, в какой степени рассматриваемое пространство является либо однородным, либо разнородным и могут интерпретироваться в качестве измеряемых признаков разброса планировочных зон (проект "СКЭТТЕР", 2002–2004 годы).

c) Энтропия Шеннона используется для измерения пространственной концентрации и дисперсности, выражаемых географической переменной, например плотностью (*Yeh and Li, 2001*), или как показатель структуры землепользования (*Allen, 2001*).

d) Измеряемые признаки многообразия и сегрегации, которые находят широкое применение в демографии, социологии и экологии ландшафтов, применяются для измерения различных параметров некомпактной планировочной структуры (*Galster et al., 2001; Ewing et al., 2002*).

e) Для измерения компактности планировочной структуры городских и сельских поселений также широко используются различные измеряемые признаки доступности (*Allen, 2001; Galster et al., 2001; Hasse and Lathrop, 2003*).

11. В разделе 4 описываются конкретные измеряемые признаки типов городской планировочной структуры, отобранные для настоящего исследования на основе соображений их актуальности для проекта, заказанного Министерством внутренних дел, рассматриваются теоретические преимущества конкретных измеряемых признаков, обоснованные в научной литературе, наличие данных и требования модели факторного анализа, применяемой для построения интегрированного индекса компактности.

12. Цель проекта заключается в описании и ранжировании населенных мест Израиля (муниципалитетов и местных советов) по типам планировки городских районов в той степени, в какой это соответствует задаче оказания коммунальных услуг местному населению. Эта цель, а также наличие данных явились определяющим условием формирования исходного множества измеряемых признаков, которые отбирались либо из упомянутых выше многочисленных показателей, либо вводились на основе идей, почерпнутых из научной литературы. Эта совокупность включает в себя измеряемые признаки конфигурации, а именно размеры, форму и протяженность городского района, пространственные признаки, характеризующие его внутреннюю концентрированность, взаимодействие и непрерывность, а также измеряемые признаки плотности населения. Основное внимание авторы уделяют типам таких физических структур, как застроенные районы или открытые пространства, которые не совпадают с видами деятельности или землепользования, хотя имеют отношение к ним. Таким образом, авторы не рассматривают вопросы доступности, структуры землепользования или многообразия и не учитывают такие методы измерения в крупном масштабе типов распределения населения, как энтропия или измерение затухания плотности. На данном этапе основное внимание авторы уделяют статическим признакам типов планировочной структуры и не занимаются динамическими параметрами организации территории.

III. Объекты измерения

13. Населенные места в Израиле делятся на две основные категории в зависимости от численности проживающего в них населения: городские поселения определяются в качестве населенных мест с численностью населения 2 000 или более жителей (даже если речь идет о поселениях сельского типа), сельские поселения определяются в качестве населенных мест с численностью населения менее 2 000 жителей (даже если они не связаны с сельским хозяйством). Муниципальный статус населенных мест определяется в соответствии с законодательными и административными нормами, устанавливающими три вида местных административно-территориальных образований: муниципалитет, в состав которого входит только одно поселение и который обладает статусом муниципального образования; местный совет, в состав которого входит только одно поселение, но который не наделен статусом муниципального образования; региональный совет, в состав которого, как правило, входит несколько сельских поселений, но который также может включать в себя городские поселения. Муниципальный статус поселений с течением времени может меняться в связи со слиянием нескольких поселений в одно муниципальное образование или местный совет.

14. Настоящее исследование посвящено измерению компактности на уровне местного административно-территориального образования; оно охватывает 197 муниципальных образований и местных советов Израиля с учетом их муниципального статуса по состоянию на конец 2004 года. К числу этих местных административно-территориальных образований относятся 112 поселений с еврейским населением, 72 поселения с арабским и друзским населением и восемь поселений с населением смешанного состава. Четыре из этих поселений являются сельскими, а 193 – городскими (в соответствии с определением, основанным на численности населения), при этом численность их населения варьируется в пределах от 1 291 жителя до 733 329 жителей, а площадь застройки – от менее 1 км² до более 80 км².

15. В соответствии с методикой Френкеля и Ашкенази (2005 год), которые применили набор имеющихся показателей для измерения разбросанности к выборке из 78 городских поселений Израиля с еврейским и смешанным населением, авторы определяют **район городской застройки** как объект, в состав которого входят центральный узел и периферийные узлы или ядра (если они существуют). Эти узлы определяются следующим образом:

а) **центральный узел** включает в себя район сплошной застройки в пределах административных границ муниципального образования городского поселения, на который приходится большая часть видов землепользования, связанных с проживанием населения, и другие территории, отведенные под застройку, а также внутренние незастроенные районы и неиспользованные земли, окруженные застроенными территориями;

б) **периферийный узел** включает в себя район сплошной застройки в пределах административных границ муниципального образования городского поселения, который территориально обособлен от центрального узла, но функционально связан с ним (т.е. жилые районы, промышленные зоны, учреждения и т.д.). Периферийные узлы включают в себя незастроенные территории и неиспользуемые земельные участки, окруженные застроенными территориями.

16. Данные о землепользовании были получены из реализованного в 2004 году проекта "Землепользование", заказанного Министерством внутренних дел и

выполненного Департаментом ГИС Центрального статистического бюро Израиля, и обновлялись вплоть до 2006 года для целей нового строительства. Виды землепользования, связанные с застройкой, включают в себя жилые здания, учреждения образования, здравоохранения и социального обеспечения, коммунальные службы, учреждения культуры и досуга, торговли, промышленные предприятия и объекты инфраструктуры, транспортные и сельскохозяйственные объекты. Последние объекты для целей настоящего обследования не включены в виды землепользования, связанные с застройкой, и рассматриваются в качестве землепользований, не связанных с застройкой (незастроенные районы общего пользования, леса, плантации и сады, обрабатываемые поля), а также в качестве неиспользованных земель.

17. Для выявления узлов в каждом поселении применялось программное обеспечение Arc GIS 9.3. Данная работа для целей настоящего исследования была выполнена Департаментом ГИС ЦСБ Израиля и включала в себя следующие этапы:

а) вокруг районов застройки многоугольной формы были проведены буферные зоны шириной 50 м, с тем чтобы обеспечить соблюдение требования о минимальном расстоянии, составляющем 100 м между застроенными районами смежных узлов (в ином случае такие районы включались в один узел);

б) участки узлов, выходящие за пределы границ муниципального образования, отсекались;

в) узлы, площадью менее 60 000 м² (60 дунамов) исключались из района городской застройки;

г) узел с максимальной площадью определялся в качестве центрального узла;

д) периферийные узлы, не имеющие прямых функциональных связей с местным административно-территориальным образованием и включающие в себя только такие объекты, как район карьерных разработок, предприятие по очистке сточных вод, хранилище газа и топлива, водохранилище или кладбище, не включались в район городской застройки.

18. Несколько примеров районов городской застройки, определенных для населенных мест, приведены на диаграмме 1 (см. стр. 12).

IV. Примененная методология

19. Индекс компактности для совокупности из 197 населенных мест рассчитывается с помощью факторного анализа в виде линейной комбинации показателей, отобранных на основе исходного множества измеряемых признаков, определенных по соображениям, упомянутым в разделе 2.

A. Отобранные измеряемые признаки

20. Окончательный набор показателей был отобран с учетом соблюдения базовых требований модели факторного анализа в отношении: сбалансированности охвата изучаемых параметров; достаточной степени адекватности переменных, отобранных для факторного анализа; существенной размерности дисперсии измеряемых признаков компактности, отражаемой ограниченным числом факторов, с целью проведения более четкого различия между населенными

местами. Исходя из этих требований авторы избегали включения переменных с высокой степенью корреляции, характеризующих один и тот же параметр, отдавая предпочтение переменным с высокой дисперсией (т.е. характеризующим значительные различия между поселениями). В качестве основного критерия для включения или невключения переменной был использован коэффициент Кайзера, применяемый для оценки адекватности выборки, который рассчитывался как для всего множества переменных, так и для каждой переменной в отдельности. Величина измеряемого признака, превышающая 0,5 (в нашем случае 0,73), указывает на то, что все множество переменных относится к одной и той же содержательной сфере. Величина измеряемого признака для каждой переменной отдельно отражает вклад переменной в группу, в которую она включена. Была сделана попытка включить переменные с величинами измеряемых признаков, превышающими 0,5. Окончательное решение было принято с учетом вклада переменной в объяснение общей дисперсии, а также того, каким образом невключение данной переменной скажется на факторах, определяющих другие переменные.

21. В конечном итоге в целях расчета индекса были включены следующие показатели:

а) **коэффициент отклонения радиусов** от среднего значения радиуса (в соответствии с Niemy et al., 1990 и Siegel, 1996):

$$CI = 100 * \frac{\sqrt{\frac{1}{359} \sum_{i=1}^{360} (r_i - \bar{r})^2}}{\bar{r}}, \quad \bar{r} = \frac{1}{360} \sum_{i=1}^{360} r_i,$$

где r_i – длина радиуса, проведенного от центральной точки до границы района городской застройки (т.е. наиболее удаленной точки на границе наиболее периферийного узла). Центральная точка определяется как геометрический центр центрального узла. Радиусы проводятся из центральной точки под углами равной величины. Для окружности устанавливается нулевое значение, в то время как для районов продолговатой формы или районов неправильной формы установлены большие величины. Величины для изучаемых населенных мест находятся в диапазоне от 13,86 до 171,30;

б) **отношение периметра района к периметру окружности равной площади** (Niemy et al., 1990), также называемой "индекс формы":

$$L / 2\sqrt{\pi S},$$

где, соответственно, L и S – периметр и площадь района. Окружность рассматривается в качестве идеальной, поскольку это позволяет максимизировать площадь в пределах данного периметра. Отношение позволяет получать величины со значениями от 1 (для окружности) до более высоких значений в случае площадей неправильной формы. Для каждого населенного места рассчитывается взвешенное отношение, в котором суммируются индексы формы каждого узла, взвешенные по его относительному размеру:

$$C2 = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} \frac{L_i}{2\sqrt{\pi S_i}},$$

где n – целое число узлов, S_i и S , соответственно, площади узла i и района городской застройки, а L_i – периметр узла i . Значения величин, полученных для исследуемых населенных мест, варьируются в диапазоне от 1,29 до 5,18;

с) **процентная доля района городской застройки в пределах площади наименьшего ограничивающего многоугольника:**

$$C3 = 100 * \frac{S}{S_p},$$

где, соответственно, S и S_p – район городской застройки и площадь наименьшего ограничивающего многоугольника. Наименьший многоугольник, ограничивающий все узлы района городской застройки, был построен по выпуклой нулевой функции с использованием программного обеспечения Arc GIS 9.3. Величины измеряемых признаков колеблются в пределах от 6,10 до 94,76, при этом наименьшие величины отражают наименее компактную планировку;

д) **процентная доля площади периферийных узлов в пределах застроенного городского района:**

$$C4 = 100 * \frac{\sum_{i=1}^{n-1} S_i}{S},$$

где $(n-1)$ – количество периферийных узлов и, соответственно, S_i и S – площадь периферийного узла i и района городской застройки. Величины, полученные в отношении исследуемых населенных мест, колеблются в пределах от 0 до 69,39, при этом наибольшие величины отражают территориальную обособленность планировочной структуры;

е) **взвешенная удаленность периферийных узлов**, суммирующая расстояния от границы центрального узла до границы каждого периферийного узла, взвешенные по процентной доле его площади в пределах района городской застройки:

$$C5 = \sum_{i=1}^{n-1} 100 * \frac{S_i d_i}{S},$$

где $(n-1)$ – количество периферийных узлов; соответственно, S_i и S – площадь периферийного узла i и района застройки, а d_i – кратчайшее воздушное расстояние от границы центрального узла до границы периферийного узла i . Полученные величины колеблются в диапазоне от 0 до 322,09, при этом наибольшие величины отражают наименее компактную планировочную структуру;

ф) **показатель степени компактности** рассчитан на основе тяготения и растрового анализа ГИС (Thin et al., 2001):

$$C6 = \frac{1}{0.5h(h-1)} \sum_{i=1}^{h-1} \sum_{j=i+1}^h A_{ij}; \quad A_{ij} = \frac{z_i * z_j}{cd_{ij}^2},$$

где A_{ij} – взаимная сила притяжения между растровыми ячейками i и j , рассчитанными по аналогии с законом притяжения, z_i – район застройки ячейки i , d_{ij} – эвклидово расстояние между центрами ячеек i и j , c – коэффициент пропорциональности, устраняющий размерность A_{ij} ($c = 100 \text{ м}^2$), а h – общее коли-

чество всех растерных ячеек с площадью застройки, превышающей 5 м². Для расчетов использовалась растерная сеть с ячейками размером 100x100 м.

Показатель рассматривается в качестве измеряемого признака территориально-пространственного взаимодействия между кластерами районов таким образом, что большие величины отражают более тесное взаимодействие и меньшую дисперсность, т.е. указывают на более компактную городскую планировочную структуру. Величины, полученные по населенным местам Израиля, колеблются в диапазоне от 0,07 до 5,06;

г) **общая площадь узлов (района городской застройки):** $C7 = S$ – указывает на общую площадь изучаемых объектов и находится в пределах от 0,21 до 81,57 км²;

h) **плотность населения** измерена как отношение количества жителей на км² района городской застройки:

$$D = \frac{P}{S},$$

где P – численность населения населенного места и S – площадь района городской застройки. Полученные величины находятся от 813 до 22 450 жителей на км², при этом величина наибольшей плотности характеризует наиболее компактную планировочную структуру.

22. По результатам факторного анализа и оценки рейтингов населенных мест по индексу компактности с применением или без применения признака плотности населения было принято решение не включать показатель плотности населения в интегрированный индекс компактности и оставить его в качестве отдельного показателя, характеризующего тип планировочной структуры городов, не связанной с физической структурой района застройки в рамках двухмерного пространства, измеряемого с помощью остальных показателей.

В. Интегрированный индекс

23. Два основных фактора, коррелирующие с собственными значениями, превышающими 1 и объясняющие 73% общей дисперсии, были определены с применением модели факторного анализа на основе z-показателей (стандартизированных баллов) семи отобранных переменных. Для удобства показатели С3 и С6 были умножены на (-1), с тем чтобы более высокие баллы указывали на менее компактную планировочную структуру, как это имеет место в случае остальных измеряемых переменных.

24. Факторы (или основные компоненты) являются линейными комбинациями z-показателей первоначальных переменных, где веса рассчитываются таким образом, чтобы максимизировать разницу факторных величин между изучаемыми единицами (районами городской застройки населенных мест). Первый фактор имеет максимальную степень различия между такими единицами. Второй фактор соответствует максимальной величине дисперсии первоначальных переменных, не отражаемых первым фактором, и т.д. Векторы весов имеют ортогональную направленность, что позволяет факторам определять ортогональное множество осей в многомерном переменном пространстве.

25. Ортогональный поворот факторов используется с целью повышения значения коэффициентов корреляции между подмножеством первоначальных пе-

ременных и специфическим фактором. В результате поворота было определено два набора переменных. Переменные в первом наборе имеют высокую корреляцию (выше 0,82) только с первым фактором и включают в себя показатели С1, С3, С4 и С5 (измеряемые признаки конфигурации и территориальной обособленности). Переменные во втором наборе имеют высокую корреляцию (выше 0,73) только со вторым фактором и включают в себя показатели С2, С7 и С6 (измеряемые признаки формы, размеров и внутренней связанности и взаимодействия).

26. Индекс компактности был рассчитан в качестве средневзвешенного значения факторных величин, при этом факторы взвешивались по процентной доле дисперсии, объясняемой каждым фактором (после поворота). Величины индекса нормализованы по z-показателям, находящимся в пределах от 2,12 до 3,78, при этом наиболее компактному населенному месту был присвоен наименьший (и с отрицательным знаком) балл, а менее компактному населенному месту – наивысший (и с положительным знаком) балл.

27. Исходя из значений индекса, 197 населенных мест были разделены на кластеры по методу кластерного анализа Уорда. В этом методе применяется анализ дисперсии с целью оценки расстояний между кластерами, с тем чтобы минимизировать внутригрупповые различия и добиться максимальных различий между группами. Это означает, что населенные места были распределены по кластерам таким образом, чтобы дисперсия значений индекса внутри кластеров оказалась минимальной, а дисперсия значений индекса между кластерами – максимальной. На диаграмме 1 приводятся примеры населенных мест (районов городской застройки), распределенных по разным кластерам компактности.

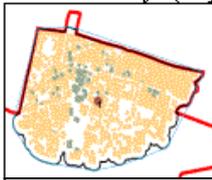
V. Выводы

28. Компактность городского района представляет собой многомерное явление, которое следует измерять с помощью комбинации показателей, относящихся к различным параметрам типа планировочной структуры городов. В настоящем документе описывается методика расчета индекса компактности муниципальных образований и местных советов Израиля, целью которой является описание и ранжирование населенных мест по уровню компактности городского района в той степени, в которой это имеет актуальное значение для оказания коммунальных услуг местному населению. Основное внимание в исследовании было уделено моделям измерения таких физических структур, как районы застройки или открытые пространства. Эти цели, а также наличие данных и требования самой процедуры факторного анализа имели определяющее значение для отбора набора измеряемых признаков, использованных при расчете индекса. Этот набор включает в себя измеряемые признаки конфигурации, охватывающие размер, форму и протяженность городского района, а также территориально-пространственные признаки, касающиеся его внутренней концентрации, взаимодействия и связанности. Шкала измерения плотности населения в конечном итоге не использовалась в целях интегрированного индекса и рассматривалась в качестве отдельного показателя типа планировочной структуры городских территорий.

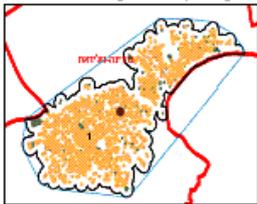
Диаграмма 1
Районы городской застройки населенных мест, отнесенные к разным кластерам компактности

(карты, выполненные в разных масштабах)

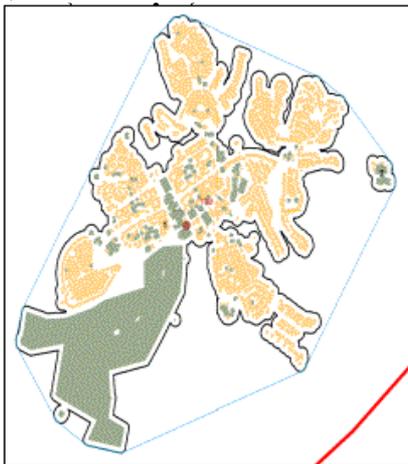
Мазкерат-Батья (весьма компактное поселение)



Буйе-Нуджидат (компактное поселение)



Арад (некомпактное поселение)



Пояснения

-  Граница муниципального образования
-  Граница и номер узла
-  Ограничивающий многоугольник
-  Жилая застройка
-  Нежилая застройка
-  Центральная точка

Наименование населенного места	Мазкерат-Батья	Буйе-Нуджидат	Арад
Численность населения в 2006 году	8 800	7 853	23 323
Валовая плотность населения (D)	5 232	4 736	3 613
Район городской застройки, км ² (C7)	1,68	1,66	6,46
Длина радиусов (C1)	20,56	43,84	38,04
Взвешенный индекс формы (C2)	1,29	1,99	3,29
Застроенный район в пределах ограничивающего многоугольника (C3)	93,14	72,97	61,70
Периферийные узлы (C4)	0,00	0,00	1,21
Взвешенный показатель удаленности периферийных узлов (C5)	0,00	0,00	0,32
Степень компактности показателя (C6)	2,65	1,88	0,70
Интегрированный индекс компактности (на основе C1-C7)	-1,60	-0,65	0,31

VI. Справочная литература

Allen, E. (2001): *INDEX: Software for Community Indicators*. In R. K. Brail & R. E. Klosterman (Eds.), *Planning Supporting Systems: Integrating Geographic Information Systems, Model and Visualization Tools*. Rutgers University Center for Urban Policy Research and ESRI Press. [<http://www.crit.com/>]

Batty, M. and Kwang, S. K. (1992): *Form Follows Function: Reformulating Urban Population Density Functions*. *Urban Studies* 29(7), 1043–1070.

Ewing, R., Pendall, R., Chen, D. (2002): *Measuring Sprawl and Its Impact*. Washington, DC: Smart Growth America. [<http://www.smartgrowthamerica.org/sprawlinde/>]

Frenkel, A. and Ashkenazi, M. (2005): *Measuring Urban Sprawl; How Can We Deal With It?* [http://www.feweb.vu.nl/ersa2005/final_papers/50.pdf]

Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M. R., Wolman, H., Coleman, S., Freihage, J. (2001): *Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and Measuring an Elusive Concept*. *Housing Policy Debate* 12(4), 681–717.

Hasse, J. and Lathrop, R. G. (2003): *A Housing_Unit_Level Approach to Characterizing Residential Sprawl*. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 69(9), 1021–1030.

Mesev, T. V., Longley, P. A., Batty, M., Xie, Y. (1995): *Morphology from Imagery: Detecting and Measuring the Density of Urban Land Use*. *Environment and Planning A* 27(5), 759–780.

Niemi, R. G., Grofman, B., Carlucci, C., Hofeller, T. (1990): *Measuring Compactness and the Role of a Compactness Standard in a Test for Partisan and Racial Gerrymandering*. *Journal of Politics* 52, 1155–1181.

Проект "Скэттер" (2002–2004 годы): *разбросанность городов и транспортных коммуникаций: разбросанность городов и транспортных коммуникаций: от оценки к рекомендациям*. Европейская комиссия ЭОСУР (энергетика, окружающая среда и устойчивое развитие, пятая рамочная программа).

[<http://www.casa.ucl.ac.uk/scatter/>]

Siegel, J. S. (1996): *Geographic Compactness vs. Race/Ethnic Compactness and Other Criteria in the Delineation of Legislative Districts*. *Population Research and Policy Review* 15, 147–164.

Thinh, N. X., Arlt, G., Heber, B., Hennersdorf, J., Lehmann, I. (2001): *Pin-pointing Sustainable Urban Land-Use Structures with the Aid of GIS and Cluster Analysis*. Institute for Ecological and Regional Development, Dresden. In: L. M. Hilty & P. W. Gilgen (Eds.), *Sustainability in the Information Society, 15-th International Symposium Informatics for Environmental Protection (Zurich)*, metropolis Verlag Marburg, 559–567.

[<http://www.ioer.de/PublPDF/thinh01.pdf>]

Torrens, P. M. and Alberti, M. (2000): *Measuring Sprawl*. Unpublished Paper No.27. Center for Advanced Spatial Analysis. University College, London. [http://www.casa.ucl.ac.uk/working_papers.htm]

Yeh, A. G. and Li, X. (2001): *Measurement and Monitoring of Urban Sprawl in a Rapidly Growing Region Using Entropy*. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 67(1), 83–90.