

# Агентные модели популяционной динамики

Г.Ю.Ризниченко

# Агентное (agent-based) моделирование

«Агентный» (объектный, атомистический, корпускулярный) метод моделирования предполагает выводить свойства сложных систем из свойств и способов взаимодействия составляющих эти системы «агентов» или «атомов» - простейших объектов, составляющих эту систему.

Вычислительный эксперимент - *simulation*



Von Neumann  
János Lajos  
1903-1957



Станислав Уlam

Агентные (агентно-ориентированные) модели берут своё начало с вычислительных машин Джон фон Неймана

Джон фон Нейман предложил использовать машины, которые следуют детальным инструкциям для создания точных копий самих себя.

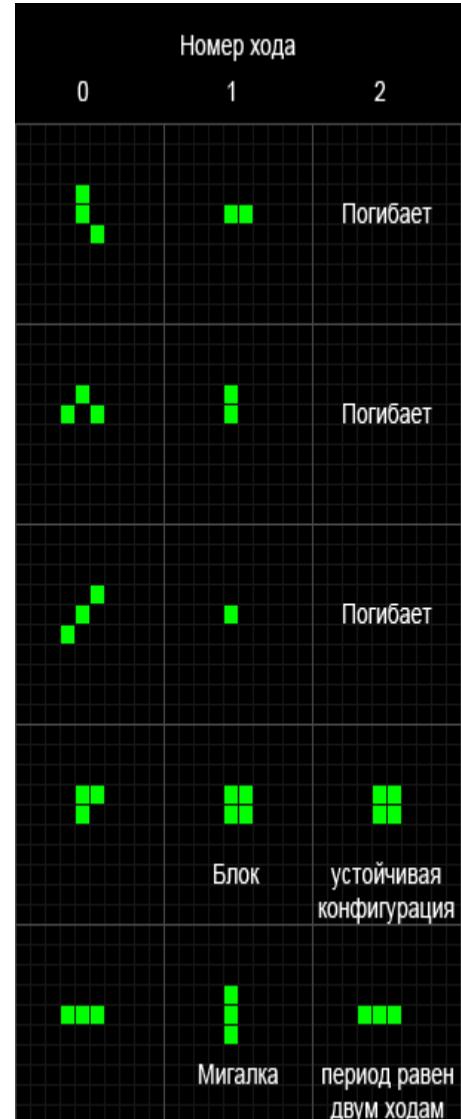
Станислав Улам предложил изображать машину на бумаге — в качестве набора клеток на решетке. Данный подход стал началом развития клеточных автоматов.

# Игра «Жизнь» Конуэла

## Устойчивые фигуры

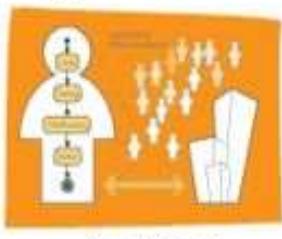


- Пространство состояний – множество всевозможных расположений фишек
- Состояние задается матрицей (8X8), элементы кот. – единицы и нули. 1 – на клетке стоит фишка.
- $\Delta t=1$
- оператор  $T$  – правила:
  - Фишка остается, если рядом с ней две или три других фишки,
  - Фишка убирается если рядом с ней более трех ли менее двух фишек,
  - На пустой клетке появляется новая фишка. Если рядом с ней было три фишки





# Агентное моделирование



Agent Based

Одним из наиболее важных преимуществ AnyLogic является возможность быстрого построения многоагентных моделей, которую не даёт ни один из существующих инструментов.

Активные объекты AnyLogic могут создаваться и уничтожаться динамически, перемещаться, общаться друг с другом, иметь поведение, знания, цели, стратегию — то есть обладают всеми свойствами агентов.

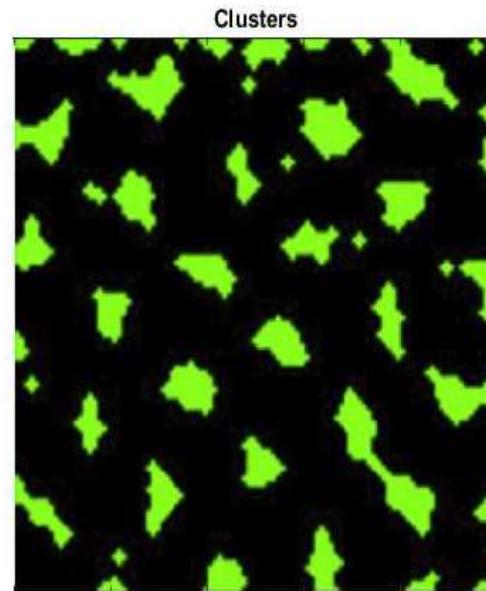
При помощи агентов моделируют рынки (агент — потенциальный покупатель), конкуренцию и цепочки поставок (агент — компания), население (агент — семья, житель города или избиратель) и многое другое.

Только агентные модели позволяют получить представление об общем поведении системы, исходя из предположений о поведении её элементов при отсутствии знания о глобальных законах — то есть в наиболее общем случае.

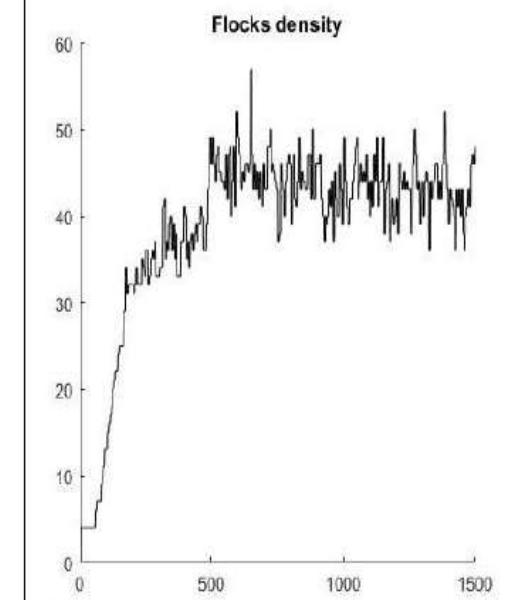
# Некоторые особенности групповой динамики в агентной модели «ресурс- потребитель»

Н. В. Белотелов,  
И. А. Коноваленко,  
В.М.Назарова,  
В.А.Зайцев

Компьютерные  
исследования и  
моделирование 2016, т.8  
№3, 445-473



Параметры модели	
Максимум обильности питания Н	10
Скорость восстановления К	0,1
Максимальная длина жизни Т	1000
Скорость роста $C_1$	10
Критический параметр М	4
Максимальная длина прыжка R	2
Максимальная масса N	100
Дальность зрения Rz	10
Вероятность рождения $\zeta$	0,01
Потери на единицу перемещения $C_2$	0,1
Потери на метаболизм за такт $\alpha$ ( $\beta = 1$ )	1
$\Delta_1$	20
а	1
$\Delta_2$	30
А	-0,3
Размер ареала обитания	100x100



# Как меняется содержание ресурса в каждой «клетке» ареала обитания

Ареал обитания моделируемой популяции является прямоугольной целочисленной решёткой . На ней произрастает ресурс (трава).

Количество ресурса в каждой «ячейке» ограничено предельным значением  $H$  При его уменьшении за счет выедания особями популяции он с постоянной скоростью  $K$  за такт восстанавливается до предельного значения.

Уравнения роста ресурса имеют вид:

$$m_{t+1}^{i,j} = \min \begin{cases} m_t^{i,j} + K^{i,j} - \theta_t^{i,j} & \text{На предыдущем шаге + выросло - съели} \\ H - \theta_t^{i,j} & \text{Max возможное - съели} \end{cases}$$

Где  $m_t^{i,j}$  - количество ресурса в ячейке  $i,j$  в момент времени  $t$

$\theta_t^{i,j}$  доля изъятия ресурса, если в ячейке в данный момент есть особи.

Популяция состоит из совокупности особей - агентов.

Каждая особь характеризуется своей массой  
Масса тождественна энергии и тратится при  
различных физиологических процессах: движение,  
размножение и других.

Учитываются энергозатратные процессы:  
основной метаболизм,  
затраты на перемещение,  
рождение и выкармливание потомства,  
изменение «энергоэффективности»  
функционирования при старении особи

# Характеристики особи (агента)

Каждая особь описывается следующим вектором состояния в момент времени  $t$  :  
координатами в ареале  $i j$

возрастом  $\tau$

массой  $m^\tau_t$

радиусом индивидуальной подвижности  $R$   
(максимальное расстояние, преодолеваемое  
особью за один такт)

радиусом обзора  $r$  (характеристика необходимая  
для описания пищевой активности).

Энергия, получаемая от питания,  
зависит от возраста

$$\theta_t^{i,j} = C_1 m_t^{i,j} n_{t,\tau}^{i,j} \left(1 - \frac{\tau}{T}\right) \left(1 - \frac{n_{t,\tau}^{i,j}}{N}\right)$$

$T$  – макс возраст,

$N$  - макс масса

$C_1$  - константа

# Масса (энергия) особи

$$n_{t+1,\tau+1}^{k,m} = n_{t,\tau}^{i,j} + \theta_t^{i,j} - C_2 n_{t,\tau}^{i,j} S - \alpha n_{t,\tau}^{i,j} \beta - \lambda(\zeta) \frac{n_{t,\tau}^{i,j}}{2}$$

$C_2 n_{t,\tau} S$  Затраты на перемещение

$\alpha n_{t,\tau}^{i,j} \beta$  Затраты на метаболизм

$\lambda(\zeta) \frac{n_{t,\tau}^{i,j}}{2}$  Затраты на рождение и выкармливание потомства

Особь умирает, если  $(n_{t,\tau} \leq 0)$

# Рождение

$$\lambda(\zeta) \frac{n_{t,\tau}^{i,j}}{2}$$

Рождение происходит в среднем  
один раз в момент  $t = \zeta$   
за некоторый промежуток времени

Особь рождает начиная с некоторого возраста при  
наличии определенной массы

При родах особь теряет половину энергии, которая идет  
на выкармливание потомства.

Родившаяся особь имеет массу. Равную одной трети  
материнской

# Пищевая активность

На каждом шаге работы модели особь определяет ближайший к ней участок, на котором находится ресурс.

«анализируемая» территория равна кругу радиусом обзора  $r$ . Особь переходит на найденный участок, если он ближе радиуса индивидуальной активности  $R$ , иначе сдвигается на  $R$  в его направлении (считается, что всегда справедливо неравенство  $R < r$ ). Если ресурса proximity нет, выбирается случайное направление.

# Социальная активность

Социальное перемещение особи возможно, если её масса превышает некоторую минимально фиксированную, то есть особь не голодна.

Для социальной структуры делается следующее предположение. У каждой особи существуют две круговые окрестности, имеющие радиусы  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$ . Если другая особь находится внутри круга радиуса  $\Delta_1$ , то они избегают приближаться друг к другу, а если внутри круга радиуса  $\Delta_2$ , то стремятся приблизиться друг к другу.

Если справедливо неравенство  $\Delta_1 < \Delta_2$ , то считается, что в популяции особей нет компактных групп с минимальными социальными дистанциями, например, семей животных.

Если реализуется неравенство  $\Delta_1 > \Delta_2$ , то считается, что такие группы существуют, а именно, особи находящиеся рядом стараются сохранить свою близость.

К «чужакам» относятся особи находящиеся вовне круга радиуса  $\Delta_1$ . «Притяжение» и «отталкивание» описывается заданием изменения расстояния между особями на фиксированные величины  $a$  и  $A$ , соответствующие притяжению и отталкиванию, которые называются «потенциалами притяжения и отталкивания»

# Перемещение

Итоговое смещение каждой особи является суммой смещений ко всем остальным особям за шаг

$$pos_{t+1}^l(k, m) = \begin{cases} pos_t^l(i, j) + \frac{R}{|sm_t^l|} sm_t^l, |sm_t^l| > R, \\ pos_t^l(i, j) + sm_t^l, |sm_t^l| \leq R \end{cases}$$

*pos* - позиция

$$sm_t^l = \sum_{e=1, e \neq l}^{Ly} \begin{cases} a \frac{pos_t^l(i, j) - pos_t^e(i, j)}{dis^{l,e}}, dis^{l,e} < \Delta_1 \\ A \frac{pos_t^l(i, j) - pos_t^e(i, j)}{dis^{l,e}}, \Delta_1 < dis^{l,e} < \Delta_2 \end{cases}$$

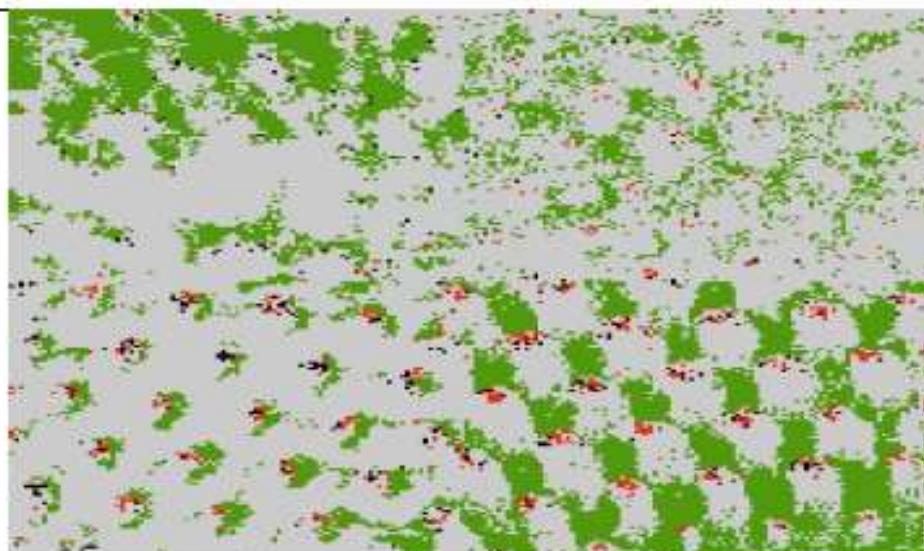
*sm* - смещение

$$dis^{l,e} = |i_l - i_e| + |j_l - j_e|$$

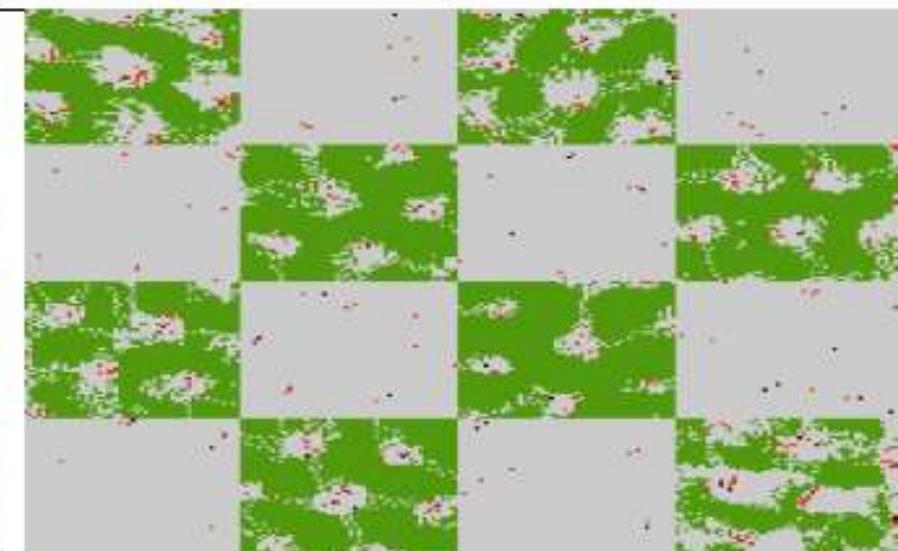
*dis* - расстояние

Ареал имеет участки

4а) с разными характеристиками восстановления ресурса  
4б) с ресурсом и без него



4а)



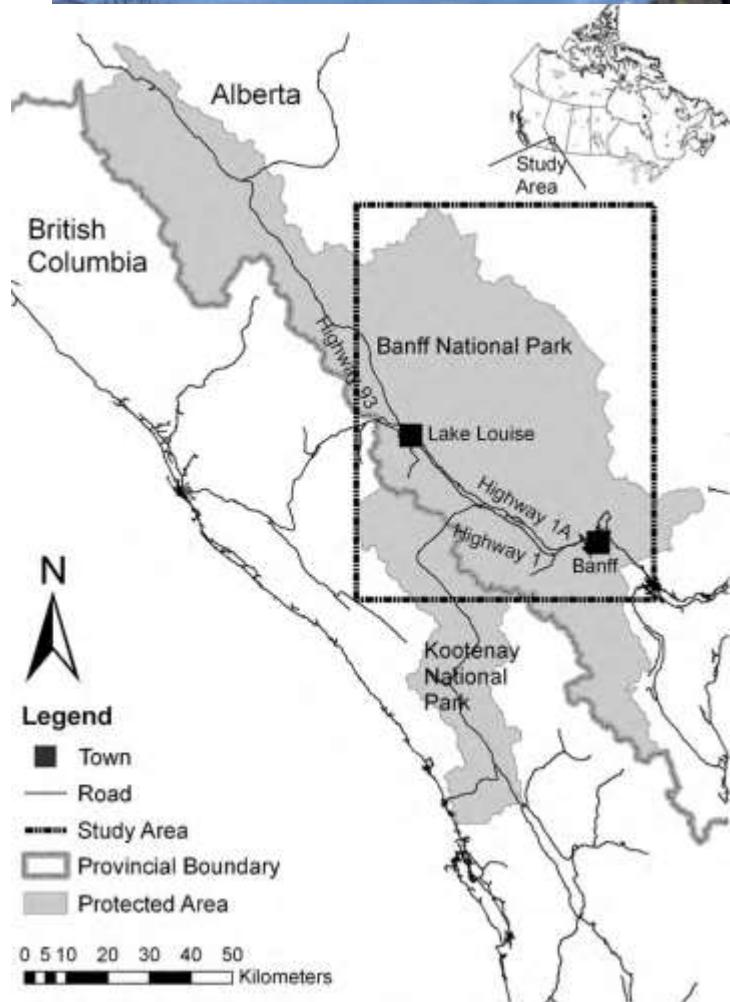
4б)

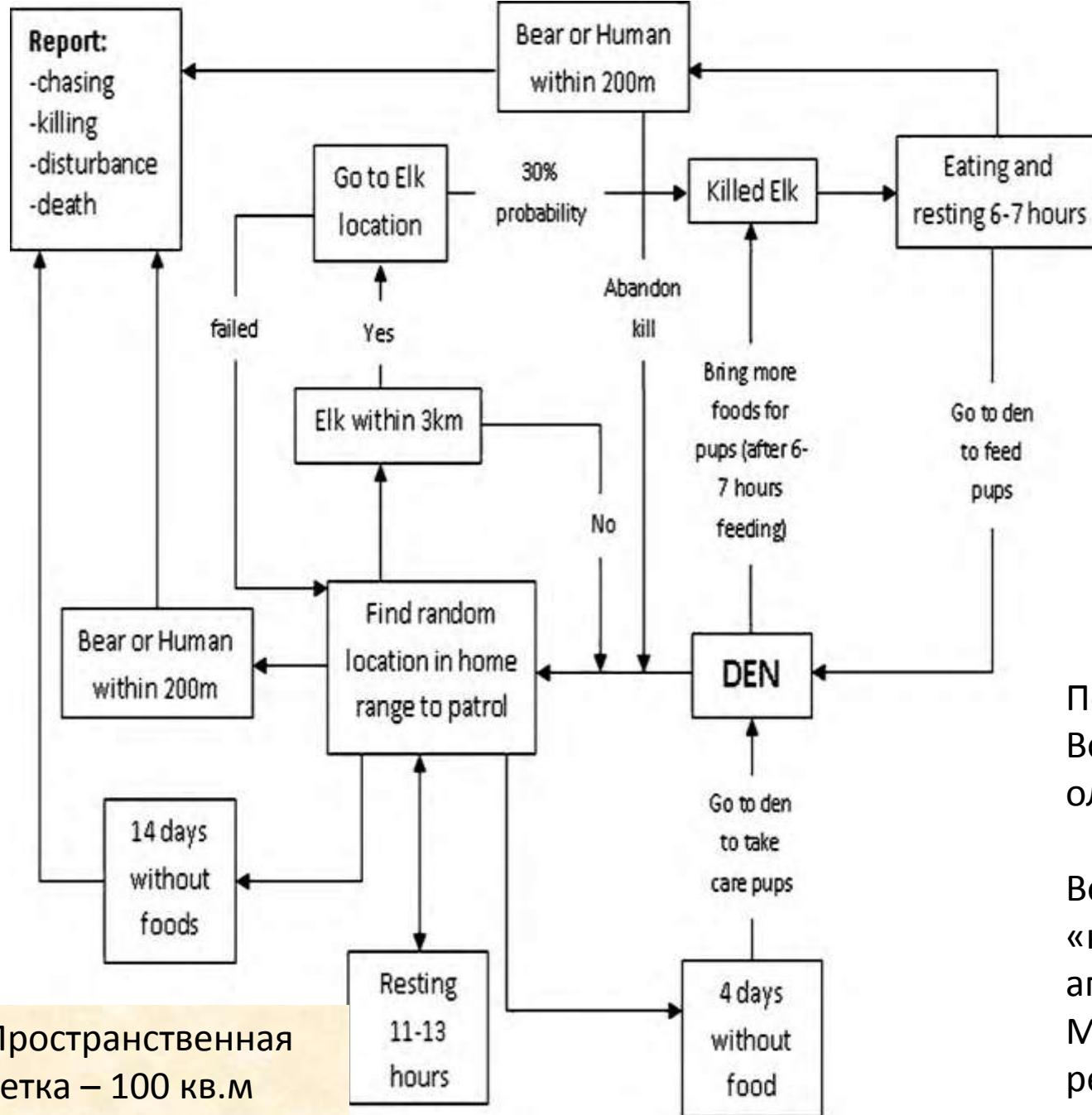
# How humans shape wolf behavior in Banff and Kootenay National Parks, Canada

Marco Musiania, Sk. Morshed Anwarb, Gregory J. McDermidc, Mark Hebblewhiteb,  
Danielle J. Marceaub,\*

В модели рассматривается пространственная сетка. Поведение волка в каждой клетке определяется характером состояния соседних 8 клеток и некоторыми дальнодействующими факторами.

Волки охотятся за оленями. Перемещаются частично случайно в зависимости от ландшафта (friction map), частично направленно, приняв соответствующее решение (cognitive agents)  
Убивают оленя – отдыхают, кормят детей в логове. Избегают медведей, людей и машин.





Концептуальная модель принятия решений волком при перемещении по местности

Подмодели перемещения Волков, медведей гризли, оленей и людей

Волки считаются «когнитивными агентами»-  
Могут принимать решения.

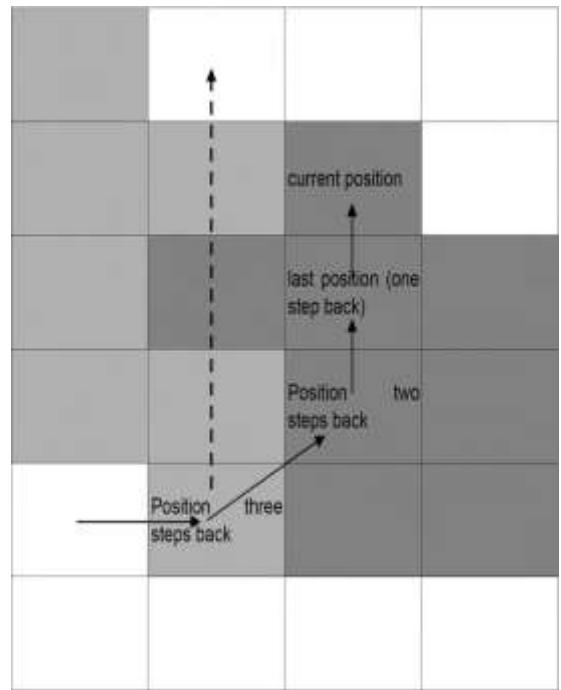
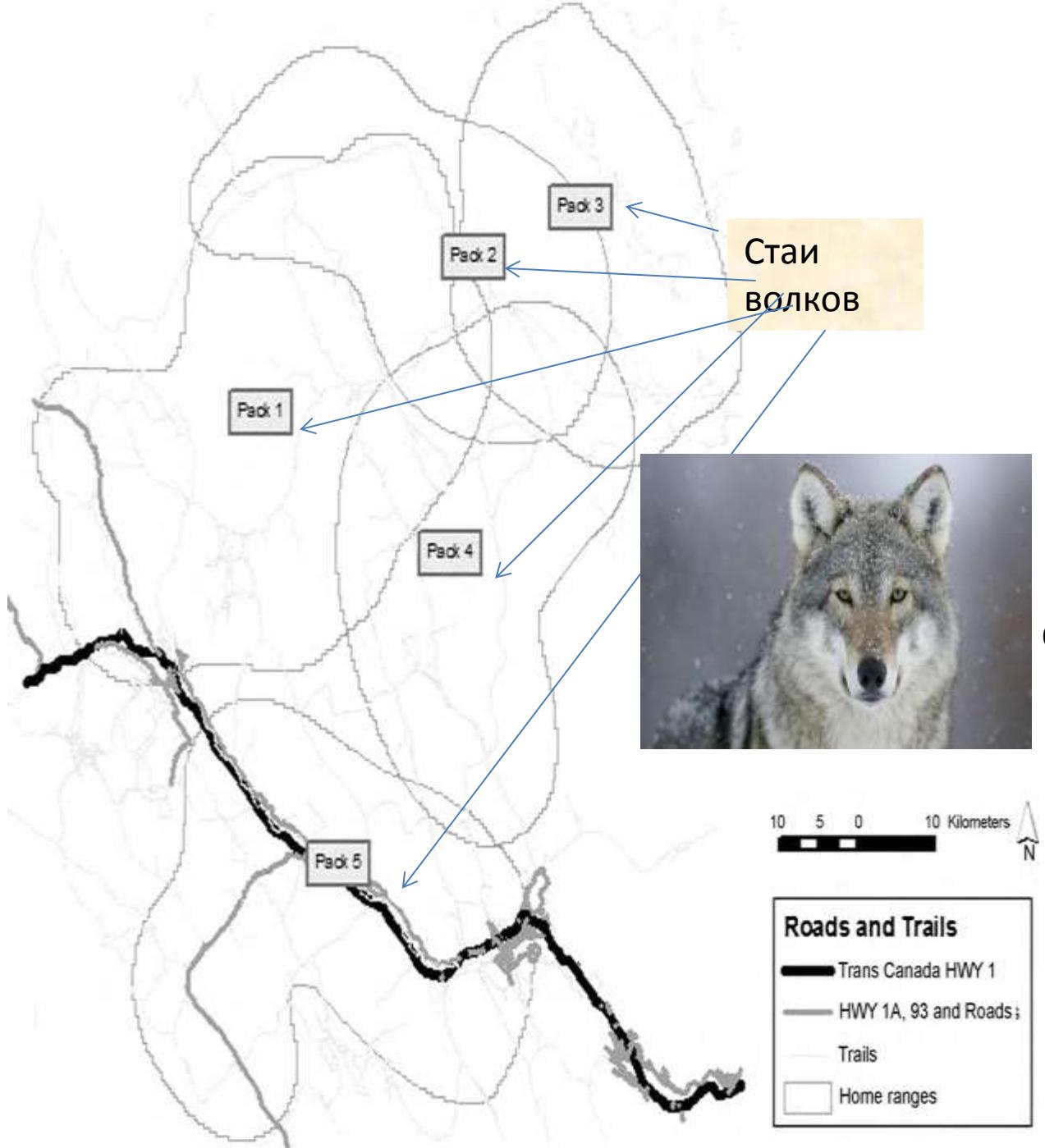


Схема перемещения по местности

Weighting of habitat variables used to build a friction map of wolf Movement

Habitat variables

Eigenvector weights – вклад условий (%)

Elevation высота 53.1

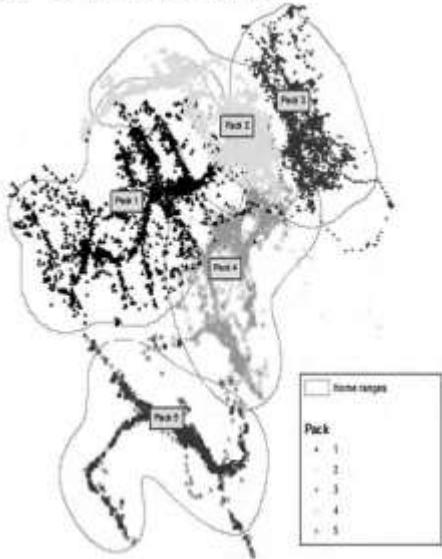
Aspect тип ландшафта 17.9

Land cover 13.7

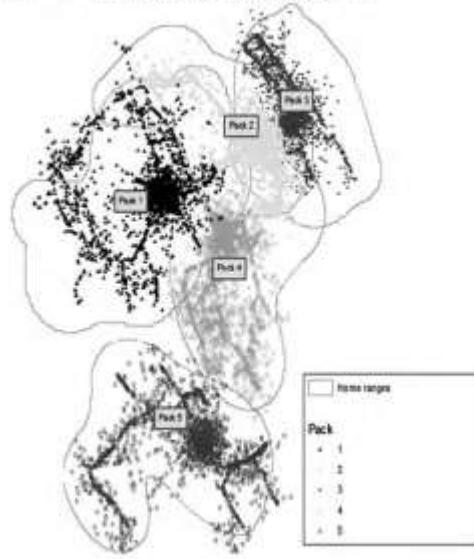
Slope наклон 15.3

Total итого 100.0

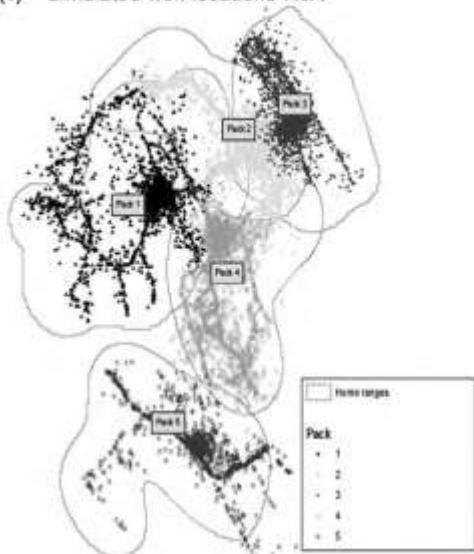
(a) Observed wolf locations



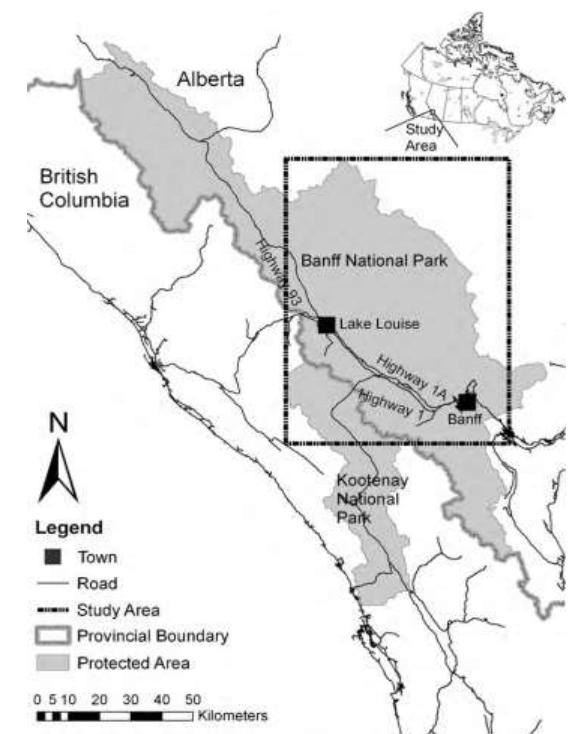
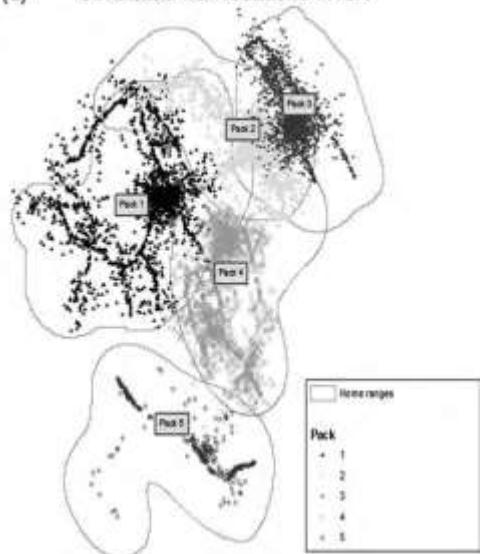
(b) Simulated wolf locations H1X



(c) Simulated wolf locations H5X



(d) Simulated wolf locations H10X



Wolf locations within the study area obtained from: (a) wolf GPS radiocollar points acquired from 2002 to 2004, (b) simulated wolf locations with estimated actual human presence (H1X), (c) (H5X), (d) (H10X).