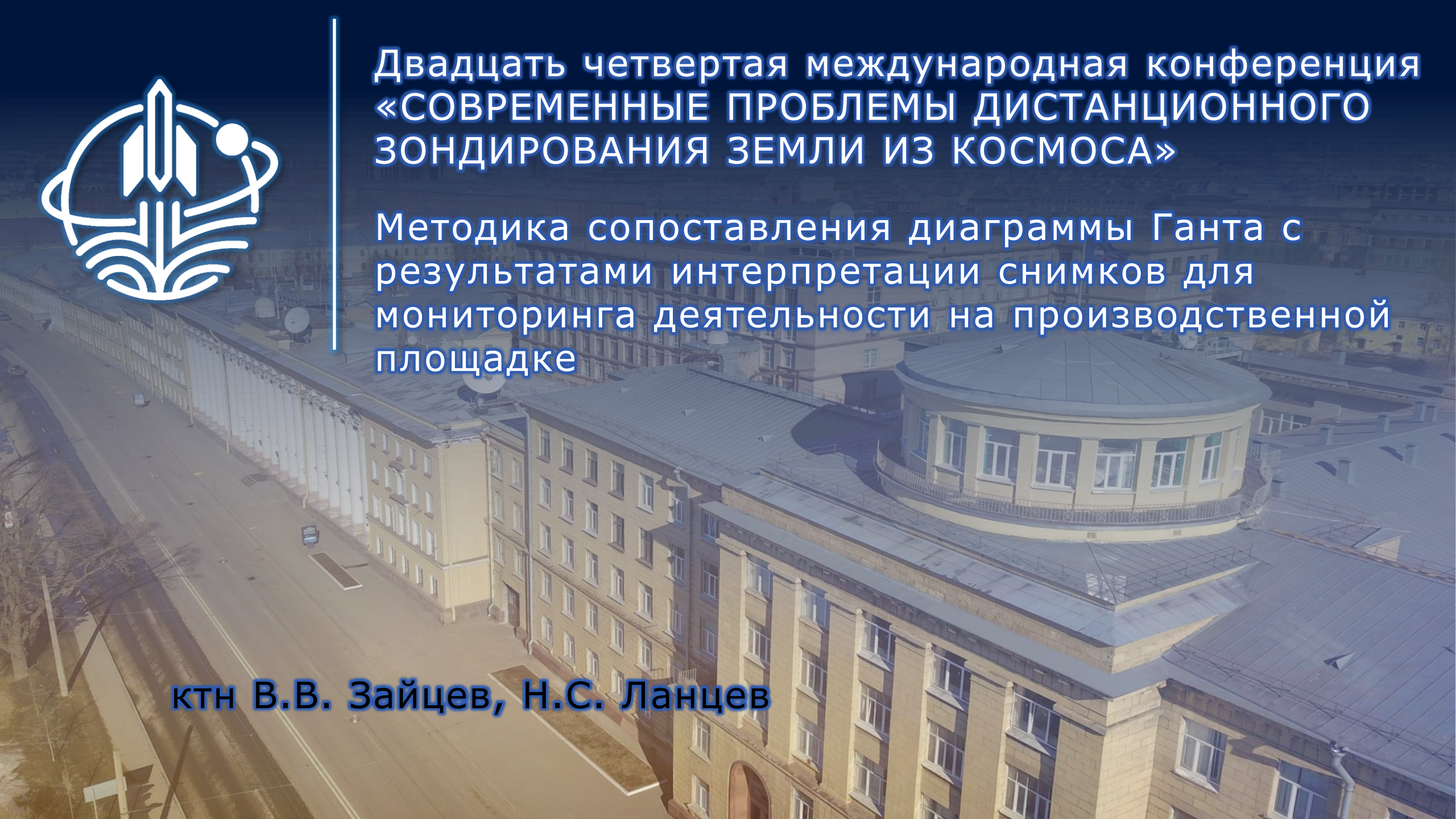


Двадцать четвертая международная конференция
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»

Методика сопоставления диаграммы Ганта с результатами интерпретации снимков для мониторинга деятельности на производственной площадке

ктн В.В. Зайцев, Н.С. Ланцев

Цель и задачи

Цель

Сопоставление календарного плана с составом, положением и наблюдаемым состоянием техники в момент съёмки.

Задачи

1. Сформировать плановый тензор параметров G по диаграмме Ганта.
2. Получить фактический тензор Y по результатам интерпретации снимков.
3. Вычислить показатели (дефицит, избыток, зональные отклонения и простой).
4. Классифицировать состояние производственного процесса.

Входные данные

Источник	Обязательные поля	Назначение
Диаграмма Ганта	Код работы; начало; окончание; зона; тип и количество техники	Расчёт планового состояния на момент наблюдения
Схема площадки	Границы зон; система координат; тип зоны; допустимые классы техники	Пространственная привязка обнаружений к зонам
Снимок	Время съёмки; геопривязка; разрешение; маска неиспользуемых участков	Формирование фактического среза
Организационный и штатный состав	Тип техники; количество; сменность; ремонтный и оперативный резерв	Проверка реализуемости плана и баланса парка

Расчётные показатели состояния

$P(r)=\sum_{z\in Z^w}\sum_{s\in S^w}G(r,z,s)$ — плановая численность; $A(r)=\sum_{z\in Z^w}\sum_{s\in S^w}Y(r,z,s)$ — наблюдаемая численность

$\Delta(r,z,s)=Y(r,z,s)-G(r,z,s)$; $D^-=\max(-\Delta,0)$ — дефицит; $D^+=\max(\Delta,0)$ — избыток; $\eta(z,t_k)=1$ — полное покрытие зоны

Показатель	Формула	Наименование и диагностический смысл
Кмоб(r)	A(r) / max[P(r),1]	Коэффициент занятости (мобилизации). Значение 1 соответствует плановой рабочей численности; меньше 1 — дефицит; больше 1 — превышение занятости.
Кзон(r)	$\sum_{z\in Z^w}$ min[A(r,z),P(r,z)] / max[P(r),1]	Коэффициент зонального соответствия. Показывает долю планового количества, подтверждённую в назначенных рабочих зонах.
L(r)	$\min\{[P-A]^+; \sum_{z\in Z(Q)\cup S}[Y(r,z)-G(r,z)]^+\}$	Число единиц с подтверждённым признаком простоя: дефицит в работе одновременно подтверждён сверхплановой стоянкой или ожиданием.
Кпр(r)	L(r) / max[P(r),1]	Коэффициент подтверждённого простоя. Выражает долю плановой рабочей численности, обнаруженную в состоянии ожидания или стоянки сверх плана.
Взон(r)	P(r) − $\sum_{z\in Z^w}$ min[A(r,z),P(r,z)]	Зональное отклонение. Число плановых единиц, не подтверждённых в назначенных рабочих зонах.
V(r)	(A−P; Взон; L; U)	Диагностический вектор: баланс рабочей численности; зональное отклонение; подтверждённый простой; число объектов, требующих проверки.

Плановый и наблюдаемый срез на момент снимка

Рисунок 1 — Моментный срез диаграммы Ганта

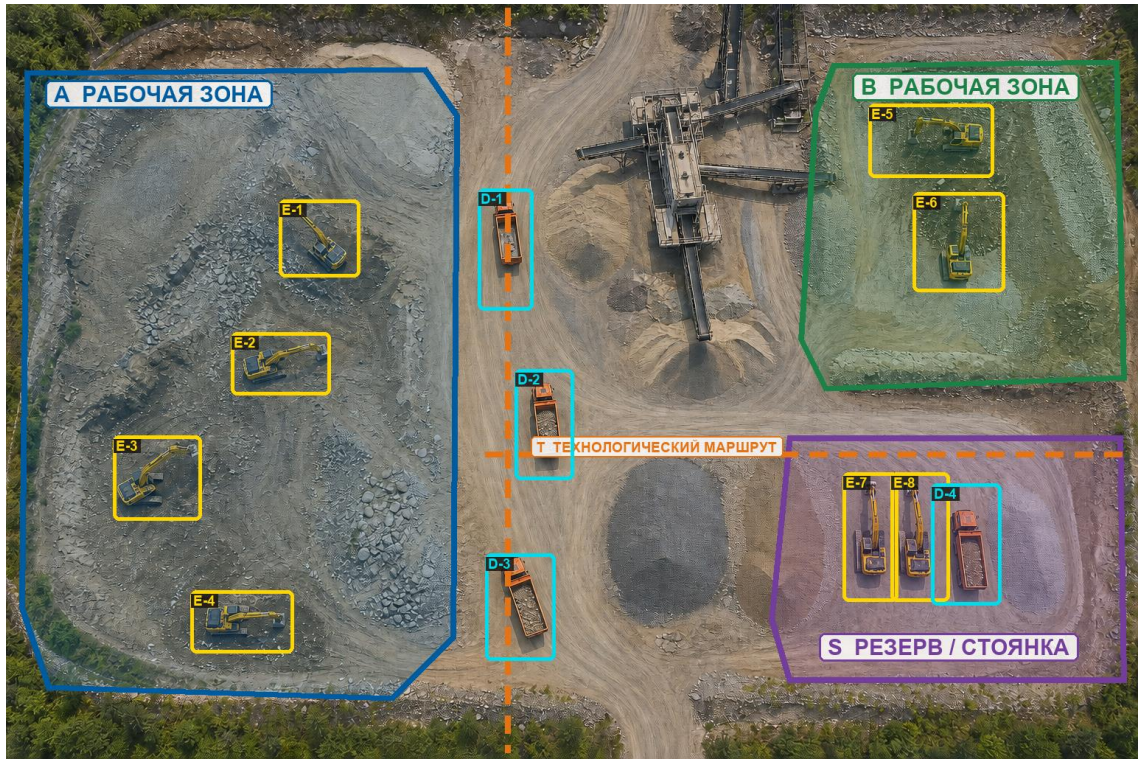
Моментный плановый срез на 12:00

Плановая операция и ресурс	08–09	09–10	10–11	11–12	12–13	13–14	14–15	15–16
Выемка грунта, зона A экскаваторы — 4 ед.								
Выемка грунта, зона B экскаваторы — 2 ед.								
Перевозка грунта, маршрут T грузовики — 3 ед.								
Оперативный резерв, зона S экскаваторы — 2 ед.								
Резерв и стоянка, зона S грузовик — 1 ед.								

$$\text{Гант}(t_k) \mapsto G(r,z,s;t_k)$$

A: 4 экскаватора B: 2 экскаватора
T: 3 грузовика S: 2 экскаватора и 1 грузовик

Рисунок 2 — Ортофотоплан в момент времени t_k



$$\text{Ортофотоплан}(t_k) \mapsto Y(r,z,s;t_k)$$

Ситуация на момент времени t_k и коды зон для сравнения G и Y

Методика анализа

А. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ

1. Проверить календарь графика, единицы времени, сменность и версию плана.

2. Дополнить интервалы задач кодом зоны, типом и количеством техники, допустимым состоянием.

3. Проверить ресурсный баланс по формуле (3).

4. Подготовить ГИС-слой рабочих зон, маршрутов, ожидания, стоянки и ремонта.

Б. ТЕКУЩИЕ ОПЕРАЦИИ

5. Получить снимок, определить t_k и построить плановый срез $G(t_k)$.

6. Выполнить геометрическую и яркостную коррекцию; нанести маску непригодных участков.

7. Обнаружить и классифицировать технику; определить зоны; сформировать $Y(t_k)$.

8. Вычислить $\eta(z,t_k)$; сомнительные объекты отнести к U; неполные зоны не экстраполировать.

9. При устойчивой идентификации вычислить пообъектные несовпадения по формулам (5), (6).

10. При сопоставлении по количеству вычислить Δ, D^-, D^+ по формуле (7).

11. Рассчитать P, A и показатели по формулам (8)–(12); сформировать диагностическую ведомость.

В. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ

12. Для серии снимков проверить устойчивость классификации и сопоставить выводы с журналами работ или навигационными данными.

Выход: плановые и фактические количества, η, число объектов U, отклонения и итоговое заключение.

Результат сравнения: плановый срез $G(t_k)$, фактический срез $Y(t_k)$, показатели и диагностическая ведомость

Схема вычислений

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	ФОРМАЛИЗАЦИЯ	СОПОСТАВЛЕНИЕ	РЕЗУЛЬТАТ
Записи диаграммы Ганта работа, время, ресурс	Плановый тензор $G(r,z,s;t_k)$	Совмещение по индексам (t_k, r, z, s)	Отклонения по ячейкам Δ — баланс; D^- — дефицит; D^+ — избыток
Векторные зоны границы и назначение	Пространственная привязка $z(d)$, $\eta(z,t_k)=1$	Полное внешнее соединение G и Y	Диагностический вектор V(r) A−P — баланс; Взон — зональное отклонение; L — простой; U — проверка
Ортофотоплан в момент t_k обнаруженные объекты	Фактический тензор $Y(r,z,s;t_k)$ сомнительные объекты: U	Агрегирование по типу техники и зоне	Кмоб — коэффициент занятости Кзон — зонального соответствия Кпр — подтверждённого простоя

Расчёты выполняются для наблюдаемой зоны: $\eta(z,t_k)=1$

Пообъектное сопоставление

$$d_j(t_k)=(\delta_j^z,\delta_j^s,\delta_j^o)=(1[z_j^f\neq z_j^p],\ 1[s_j^f\neq s_j^p],\ 1[o_j^f\neq o_j^p])$$

$$n^h(t_k)=\sum_{j\in O(t_k)}\delta_j^h,\ h\in\{z,s,o\}$$

δ^z — несовпадение зоны; δ^s — состояния; δ^o — операции.
0 — совпадение, 1 — несовпадение; p — план, f — факт.

Таблица 6 — Пример сравнения плановой и фактической записей

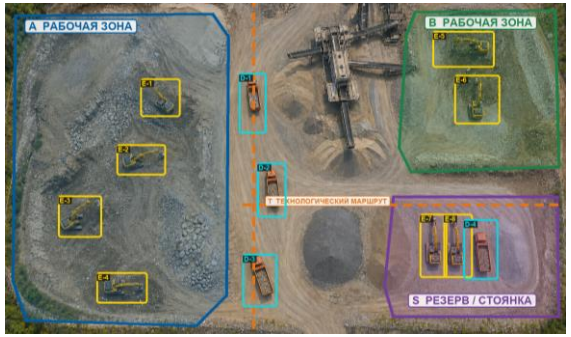
Машина	План	Факт	δ^z / δ^s / δ^o	Ведомость
E-1	Работа, зона A	Работа, зона A	0 / 0 / 0	Соответствие
E-5	Выемка грунта, зона B	Стоянка, зона S	1 / 1 / 1	Подтверждённый простой
S-1	Движение, маршрут T	Движение, вне маршрута T	1 / 0 / 1	Ошибка местонахождения
S-2	Погрузка, зона A	Погрузка, зона A	0 / 0 / 0	Соответствие

Расчёт по столбцам бинарных признаков

$$n^z=0+1+1+0=2;\quad n^s=0+1+0+0=1;\quad n^o=0+1+1+0=2$$

Результат: две машины не совпали с планом по зоне, одна — по наблюдаемому состоянию, две — по назначенной операции.

Модельные сценарии и результаты



А Норма

Кмоб=1,000 Кзон=1,000



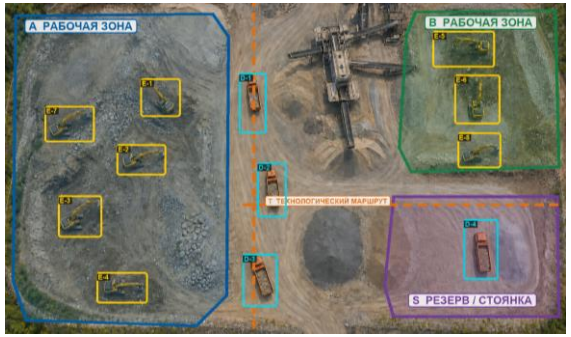
Б Простой

Кмоб=0,667 L=2 Кпр=0,333



В Местонахождение

Кмоб=1,000 Кзон=0,667



Г Превышение

Кмоб=1,333 Кзон=1,000

Сценарий	Кмоб	Кзон	Кпр	L	Взон	V=(A−P; Взон; L; U)	Класс
А	1,000	1,000	0	0	0	(0; 0; 0; 0)	Нормальная работа
Б	0,667	0,667	0,333	2	2	(−2; 2; 2; 0)	Подтверждённый простой
В	1,000	0,667	0	0	2	(0; 2; 0; 0)	Ошибка местонахождения
Г	1,333	1,000	0	0	0	(2; 0; 0; 0)	Превышение плановой занятости

Выводы

Результат работы

- Диаграмма Ганта представлена динамическим тензором G(r,z,s;t), а снимок — целочисленным тензором $Y(r,z,s;t_k)$.
- Показатели вычисляются непосредственно по каждой ячейке «тип техники, зона, состояние».
- Сомнительные объекты сохраняются в классе U.
- Показатели Kмоб, Kзон, L, Bзон и V разделили нормальную работу, простой, ошибку местонахождения и превышение численности.

Ограничения метода

- Расчёт требует полного покрытия зоны: $\eta(z,t_k)=1$; неполные данные не экстраполируются.
- Один снимок подтверждает местонахождение и внешние признаки состояния; продолжительность и производительность оцениваются по серии наблюдений.

Спасибо за внимание