

量产高阶自动驾驶对仿真的挑战与经验分享

杨健

蔚来自动驾驶仿真
LogSim数据闭环仿真负责人



Agenda

1. 仿真的使命与目标
2. 如何衡量仿真的成功
3. L4行业顶尖公司的分析
4. 量产高阶自动驾驶对仿真的挑战与经验分享

仿真的使命与目标

仿真是自动驾驶开发的**时间机器**

仿真的使命就是补充基于路上的数据，来加速自动驾驶开发：

1. 加速基于路上数据的回环测试 – 精准预测主车路上行为
2. 减少基于路测的验证时间 – 泛化路上的公里数
3. 补充边角与多样性场景 – 有针对性的生成相对稀缺的数据或场景

如何衡量仿真的成功

1. 真度 – how accurate are we simulating the AV and the real-world
2. 覆盖度 – how statistically represented are the scenarios to the ODDs
3. 预测性 – how accurate and robust are the metrics to AV's behavior in the real-world
4. 用户体验 – how user friendly are the SIM toolings and services to our developers
5. 可扩展性 – how quickly, reliably, and cost effectively can we grow SIM usage across car platforms, countries, etc

L4行业顶尖分析 (Waymo/Cruise)



SIM Core

Metrics

Metric Framework

Metric Library

Scenarios

Scenario Description Language

Automated Scenario Creation

Scenario Parametrization Library

Simulators

Replay

P&C
SIM

Sensor
SIM

3D SIM

Vehicle Dynamics

Smart Agents & Traffic SIM

SIM Infra & Tooling

Test
Execution

Manual Scenario
Creation

Test Configuration

Test Management

Test Analysis

Testing & Integrity

Testing

Scenario Creation &
Maintenance

Metrics Creation & Maintenance

SIM Integrity

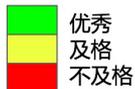
Scenario/Metrics Validation

Simulators Validation

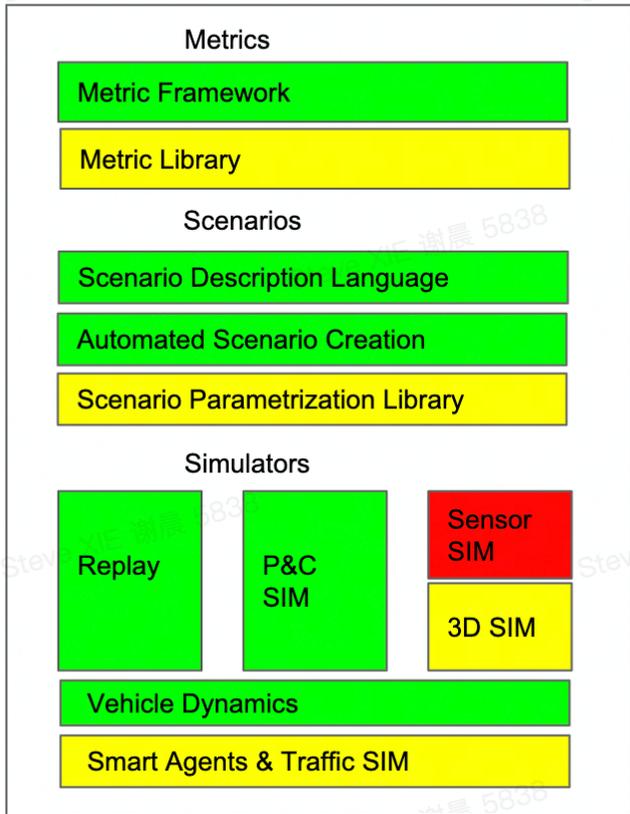
量产高阶自动驾驶对仿真的3大挑战

1. 高真度高效率的传感器仿真
2. 高复现度的验证平台
3. 仿真场景管理如何做到有效覆盖

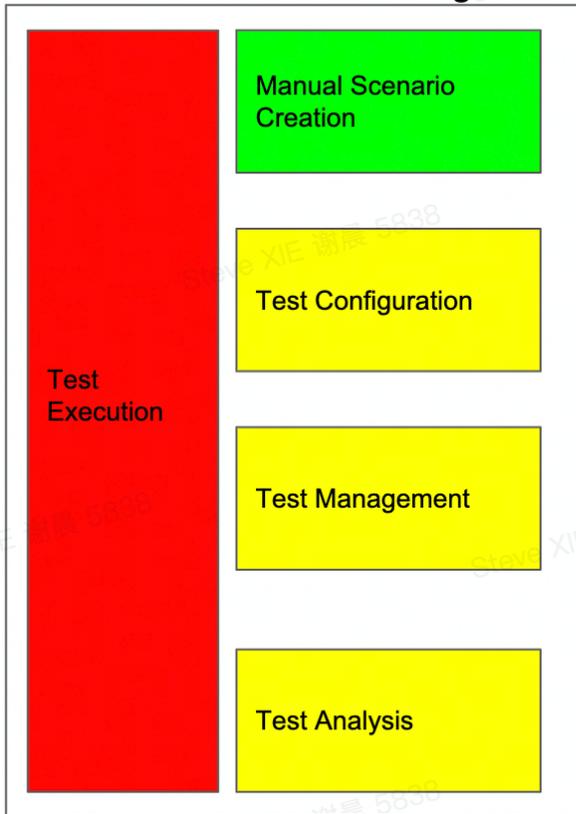
量产高阶自动驾驶对仿真的挑战



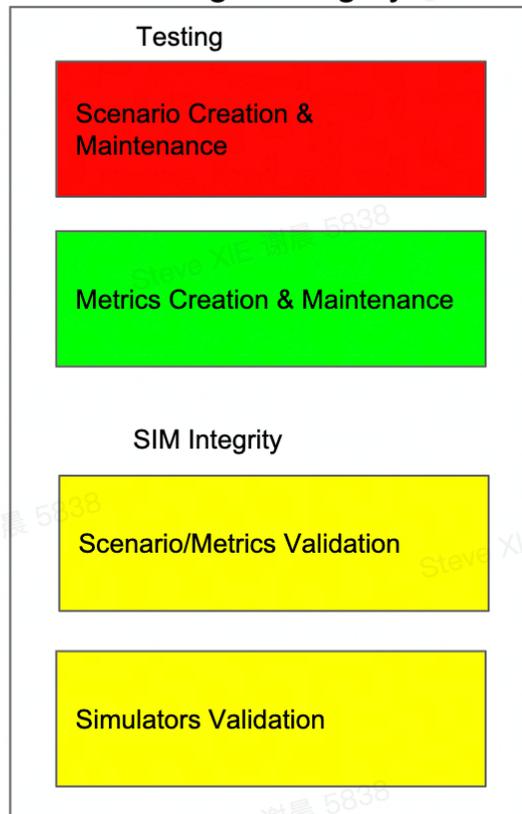
SIM Core



SIM Infra & Tooling



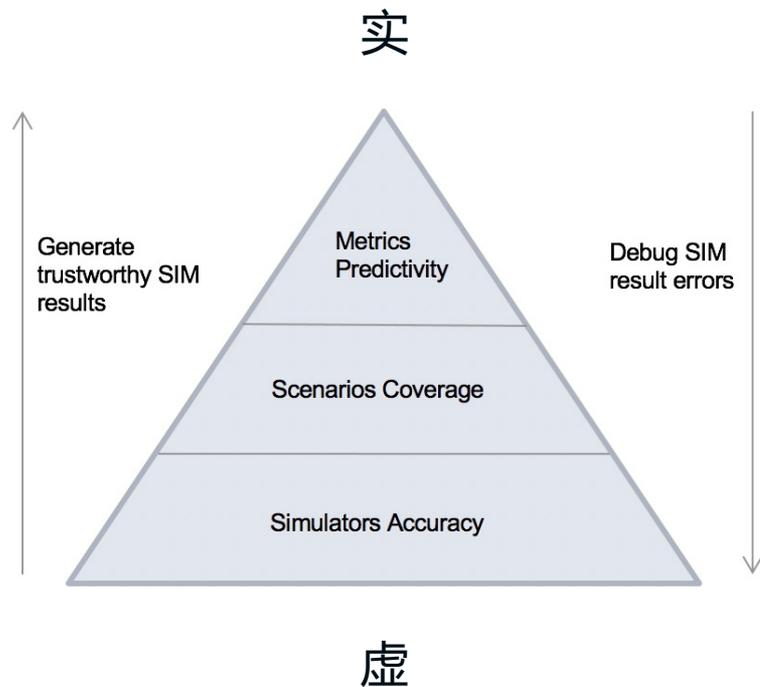
Testing & Integrity



挑战1: 高真度高效率的传感器仿真

1. 如何衡量传感器仿真的真
 - 构建仿真真度的验证体系并反馈迭代
2. 如何保证实时和成本
 - 利用物理建模+神经网络来提效

仿真虚与实的金字塔



仿真需要输出对真实世界有预测性的指标。这基于金字塔的三层。

- 顶层：评测的预测度
- 中间层：仿真场景的有效覆盖度
- 底层：仿真模拟器的真度

上层基于下层（如果没有仿真模拟器的真度，也不会有场景的有效覆盖度）。

为了让仿真的最终输出（评测）足够真（虚到实），**我们必须建立从实到虚的仿真验证体系和链路。**

关键点：

- 统一路测与仿真评价体系。基于大量路测数据，进行数据科学的统计验证
- 在每一层设立相应的虚与实验验证指标与分指标
- 部分自动化+人在环的仿真质量管控流程

合成数据是迭代传感器仿真的最佳落地途径



NIO ADSim模拟相机输出

挑战2: 高复现度的验证平台

1. 量产对端云一致性的挑战
 - 如何衡量端云一致性/复现度
 - 端 (Arm) vs 云 (X86) 对于复现度的影响
2. 传统的作坊式硬件在环的问题
 - 单位成本高、执行效率低、运维成本高
 - HIL与SIL的使用体验完全不同
3. 用户数据回传做离线云上 Replay/LogSim有约束
 - 隐私要求，数据脱敏后影响复现度
 - 数据回传云端成本非常高

NIO ADSim自研HIL Replay集群

1. 高的端云一致性/复现度
2. 极低的单位台架成本与单位运行成本
3. 高稳定性
4. 与SIL一致的平台工具链

NIO 量产车上仿真

1. 在量产车上利用空余计算资源执行LogSim仿真
2. 提供与实车完全相同的传感器数据输入及软件运行环境，确保高复现度
3. 车端仿真输出触发规则后数据脱敏回传，减少最终上传数据量
4. 有效仿真规模大幅提升

挑战3: 仿真场景管理如何做到有效覆盖

1. 高阶量产的场景规模要求
2. 高阶量产的场景质量要求
3. 如何实现高自动化、人工在环的仿真场景运营

仿真场景的有效性与场景库的有效覆盖度

仿真场景的评测：如何定义场景有效？

-- 场景是否可以足够真实的支持测试目标

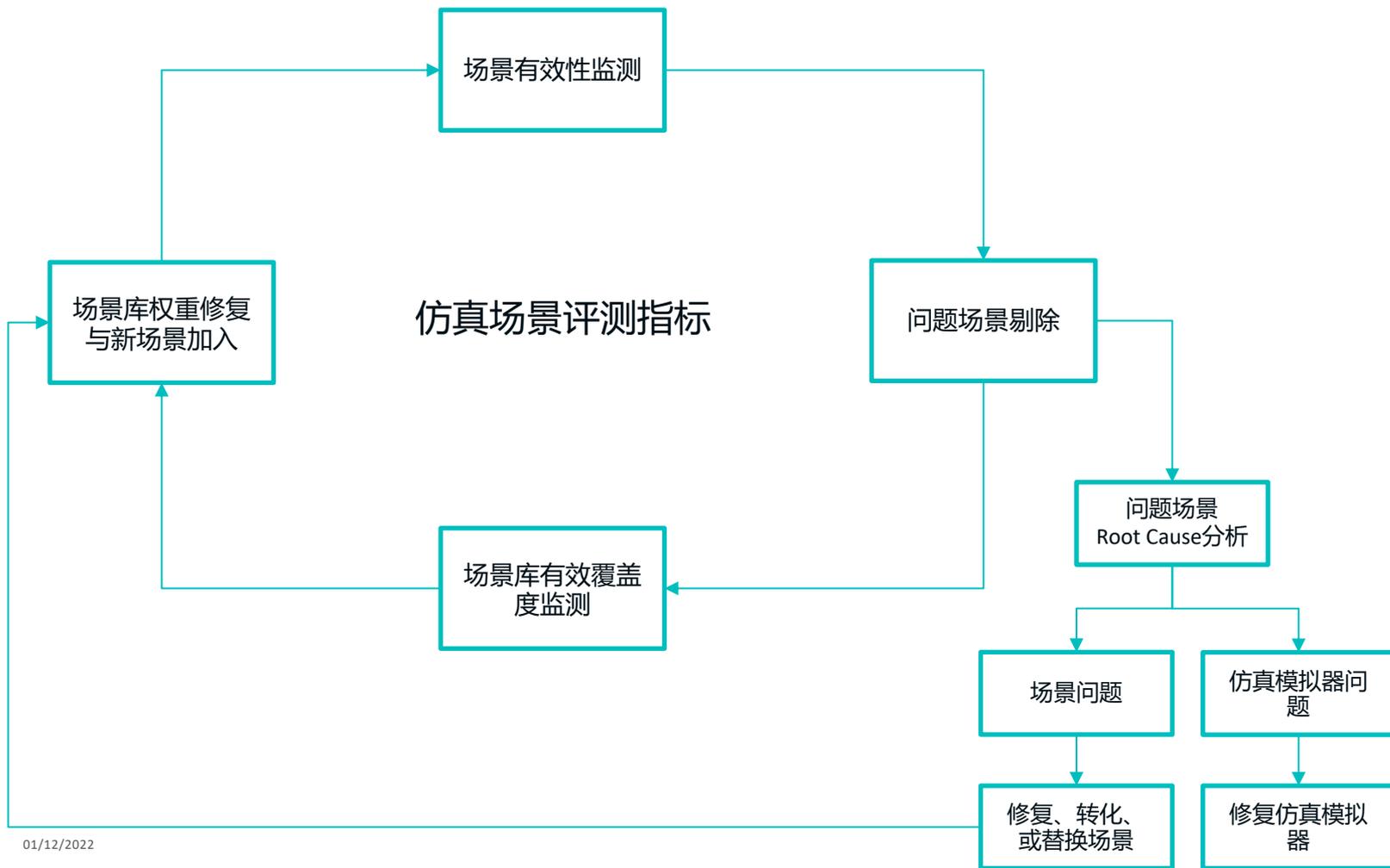
举例：

1. 测试目标是无保护左转行为，而由于规划算法改变，在仿真场景中主车选择直行
2. 测试目标是应对Cut-in行为，而由于缺乏后车交互性，在仿真场景中，当主车减速后，后车撞上主车

仿真场景库的评测：

- 场景库覆盖度需要基于有效的场景，在统计学上满足对于真实世界的场景覆盖度

仿真场景评测质量管理体系



总结

1. 量产高阶自动驾驶对于仿真的挑战在：高真度高效率的传感器仿真、高复现度的平台、仿真场景管理如何做到有效覆盖
2. 高真度高效率的传感器仿真的关键在于定义真度的评价体系并用其反馈迭代，且用物理学建模与神经网络综合提效
3. 高复现度验证平台的关键在于基于低单位执行成本、高稳定性的硬件在环集群
4. 仿真场景有效覆盖管理的关键在于基于自动化的链路与人在环的场景运维体系

Thank you!