# Title ：基于仿真数据驱动的空间信息网络建模方法

## 摘要 ：

随着复杂系统复杂度的不断增加，传统的复杂系统建模与仿真的方法已经难以满足系统仿真研究的需求，因此对于空间信息网这样的复杂网络整体，本文提出了一种基于仿真数据驱动的空间信息网络设计建模方法，分析了空间信息网络的性能包含网络的底层构建要素和网络的业务的运行类型两个因素的整体性关系模型，通过多次仿真获取业务输出指标和网络设计要素参数的大量的数据，通过仿真数据的建模分析，构建网络设计关键要素和网络系统效能的关系模型。并给出了构建承载遥感数据业务传输的空间信息网络设计的案例分析，通过对业务输出指标的综合效能评估对业务的效能给出一个量化的分析结果，同时将效能评估的结果和网络设计参数进行机器学习的模型的构建，从而直接通过网络设计参数映射到业务性能的综合效能的表现，可以更快的解释各种网络设计参数对承载的业务效能的影响，进而对空间信息网络设计给出一个更为明确的指导方向。

## 一：介绍和引言

### 1 空间信息网的复杂性

空间信息网络是以空间平台（如同步卫星或中、低轨道卫星、平流层气球和有人或无人驾驶飞机等）为载体，实时获取、传输和处理空间信息的网络系统。空间信息网络通过组网互联，实时采集、传输和处理海量数据，实现卫星遥感、卫星导航和卫星通信的一体化集成应用与协同服务[1]。所以，空间信息网络是一个规模巨大、时空跨度大、异质异构的复杂网络，在构建的过程中，其顶层架构、网络模型、通信机制、网络协议设计、网络管理、安全机制、网络性能分析方面都面临巨大的挑战[2]。

### 2 传统复杂系统建模仿真的瓶颈

复杂系统建模与仿真已经成为研究各类复杂系统的最佳手段之一[3]，目前常用的复杂系统建模与仿真的方法[4] 有: 基于智能技术的复杂系统建模与仿真, 如遗传算法, 神经网络等方法; 基于数学手段的复杂系统仿真方法, 如参数优化方法、模糊仿真方法等; 基于离散事件动态系统的复杂系统建模与仿真, 如Petri 网、任务/资源图建模等等.传统的复杂系统建模仿真的研究思路如图 [1](#fig:SystemSim)所示, 通常采用类比方法,即基于相似性理论, 将复杂系统化解成多个简单的系统, 先进行子系统的构建, 再形成一个大系统. 但是, 这种通过局部子系统仿真还原全局系统、逐渐逼近原系统的传统建模方式, 是站在还原论角度，把复杂的系统简单化, 用简单的运动规律来代替高效运动的规律, 将复杂系统不断分解到最小单位, 通过解构系统还原单个节点和链接的理论, 随着系统复杂度的增强, 传统的仿真建模方法已不能从本质上正确认识复杂系统。因此，对于空间信息网络这样一个复杂系统的研究，传统的复杂系统建模与仿真的方式，并不能完全反应其真实的情况。

Figure 1: 传统的复杂系统建模仿真研究思路

Figure 1: 传统的复杂系统建模仿真研究思路

### 3 引出本文的方法

随着信息技术的不断发展，大数据，人工智能等新技术的出现，也提出了将大数据方法与仿真建模方法相融合的新的建模仿真的思路，基于大数据对复杂系统进行整体性的研究,两者结合将使仿真建模方法更能胜任于复杂系统研究[5]。所以对于空间信息网络的复杂系统研究，本文提出了基于仿真数据驱动的空间信息网络建模方法，将仿真与数据结合起来对空间信息网进行整体性建模分析。

由于影响复杂通信网络性能的因素可以主要分为两个方面：一是网络本身的特性，如网络拓扑结构、节点设备性能、以及通信链路和通信协议等；二是网络业务类型和业务量的因素，而且在实际的网络运行过程，网络本身的因素和网络业务的因素又会相互作用相互影响，如图 [2](#fig:Intro)所示。因此本文在空间信息网建模分析的过程中，从网络本身特性的因素和业务特性的因素的相互影响的关系出发，在网络的关键设计要素参数不断变化的情况下，通过网络仿真系统搭建的空间信息网络仿真场景，不断地输出其上层业务的性能指标，并以网络设计要素参数和仿真系统产生的业务性能输出指标的数据为驱动，分析空间信息网关键网络设计要素对承载业务性能的整体性的关系模型，从而对空间信息网的设计提供一定的指导方向。

Figure 2: 网络和业务相互影响关系

Figure 2: 网络和业务相互影响关系

## 二：提出的方法的介绍

### 1：基于仿真数据驱动的空间信息网络建模方法介绍

通过不断变化关键设计要素的参数，即可得出输出指标的不同的综合评估效能，于是可以多次运行仿真，并变换设计参数，以此可以得到设计参数和输出指标综合效能评估的训练模型的数据集，则可通过机器学习的方法找出设计参数和综合评估效能的关系模型，从而指导网络设计的进行。

### 2：业务指标的综合效能评估的方法

输出的业务的性能指标往往是一个多维的，并不能通过某一指标单一的综合评估效能的好坏，因此需要对高维的性能指标进行综合评估，用一个综合评估值的变化来反应输出统计指标的变化，同时为了更直接的反应网络效能变化的方向，综合评估的效能值应该是单调递增或者单调递减变化的。同时为了体现不同的设计目标，对系统输出指标进行综合评估的时候，可以根据不同的设计要求和目的，采取不同的主观权重赋值方式，同时统计输出的业务的指标之间本身就有一定的相关的变化关系，比如时延的增大，相应的丢包率也会受一定的影响。所以也可采取客观赋权的方式，从输出的指标之间的数据表现出来的关系出发，而给出输出指标的一个综合的评估值。可使用的典型方法有主观的如：层次分析，客观有：主成分分析，因子分析等。

#### 1 层次分析法的介绍（介绍层次分析法综合评价的过程）

#### 2 主成分分析综合评价的介绍

#### 3 因子分析法的介绍

#### 4 综合效能评估方法对比和选择

### 3：效能评估结果和网络设计参数的建模方法

对于效能评估结果和设计参数，可以使用机器学习的方法学习出两者的映射关系。针对不同设计目标的，效能评估的表现形式不一样，所以可以根据效能评估结果的表现形式，可以很容易将其转化为机器学习的回归或者分类问题的求解，对于非线性关系映射表现比较好的模型有：神经网络，随机森林，支持向量机等。

#### 1 神经网络介绍（主要过程和优缺点的介绍）

#### 2 随机森林介绍

#### 3 支持向量机介绍

#### 4 学习模型的对比和选择（分析对比介绍的方法的选取的考虑）

## 三：仿真实验的介绍

### 1 使用的仿真工具

### 2 仿真场景的目标

#### 1 流量模型的介绍

#### 2 仿真网络的介绍

#### 3 设计参数和输出参数的选取

## 四：仿真的数据分析

### 1：数据预处理的方法（简单介绍数据预处理的方法，无量纲化，丢失处理的方法）

### 2：效能评估的结果

### 2：机器学习模型的结果

## 五：结论总结

本文提出的基于数据驱动的空间信息网络建模方法，将空间信息网运行的业务综合效能评估和网络设计参数进行映射关系建模，通过仿真数据的训练可以学习出其关系的模型，通过构建该模型，可以将网络设计的关键设计要素，直接映射到综合效能表现的结果，从而可以在网络设计构建过程中更为直接，便捷的指导网络设计的进行。同时给出了一个构建遥感数据业务传输的空间信息网的设计要素分析的案例，案例分析了，业务接入带宽、业务数据发包速率、链路丢包率、网络路由方式、以及星间链路带宽对遥感数据业务传输性能的影响，同时选取了业务响应时间、吞吐量、时延、丢包率、以及持续时间作为遥感数据业务传输的性能指标参数，同时对该性能指标参数，使用了因子分析的综合评价的方法，不仅可以提取出对遥感数据业务传输的性能影响的隐性的因子结构，分析其指标之间的结构关系，也可以输出的性能指标进行综合的效能评估，并将综合评估效能的结果和网络的设计参数进行机器学习的建模分析，分析指出，在考虑的设计要素中，业务的接入带宽是对遥感数据业务传输性能影响的主要因素，同时为了更高的综合效能的体现，业务的发包速率也要和业务的接入带宽匹配。

## 参考文献

[1] 李德仁, 沈欣, 龚健雅, 等. 论我国空间信息网络的构建[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2015, 40(6): 711–715.

[2] 常青, 李显旭, 何善宝. 我国空间信息网发展探讨[J]. 遥测遥控, 2015, 36(1): 1–10.

[3] 沈爱民中国科协学会学术部. 复杂系统建模仿真中的困惑和思考[M]. 中国科学技术出版社, 2012.

[4] 徐庚保, 曾莲芝. 基于仿真的复杂系统研究[J]. 计算机仿真, 2013, 30(2): 1–4.

[5] 胡晓峰. 大数据时代对建模仿真的挑战与思考[J]. 军事运筹与系统工程, 2013, 27(4): 5–12.