

T/CAICI

中国通信企业协会团体标准

T/CAICI XXXX—XXXX

移动通信规划系统软件功能要求

Software functional specification of mobile planning system

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国通信企业协会 发布

目 次

前 言	III
引 言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	3
4 规划系统总体设计方案	5
4.1 规划体系	5
4.2 架构层级	5
4.3 软件架构要求	6
4.4 软件技术方案要求	7
4.5 接口规范	8
5 数据字典	9
5.1 基础数据的定义	9
5.2 数据项描述	9
5.3 基础数据的分域	10
5.4 基础数据的分集	11
6 数据处理与数据流转过程	11
6.1 数据传输	11
6.2 数据存储	11
6.3 数据校验	12
6.4 数据流转过程	12
7 需求分析能力	12
7.1 需求分析类型	12
7.2 需求分析流程	13
7.3 7.3 需求分析结论	14
8 规划能力	14
8.1 规划基础能力	14
8.2 规划智能算法	15
8.3 精准规划能力	15
8.4 规划结果输出	17
9 系统自我管理要求	17
9.1 系统配置管理能力	17
9.2 系统监控管理能力	17
9.3 操作系统兼容能力	18
10 系统安全与维护要求	18
10.1 系统安全管理	18

10.2 数据安全	19
10.3 日志管理	20
10.4 云化环境管理	21
10.5 系统平台的性能	21
10.6 系统备份和恢复	21
10.7 开源技术引入	22
附录 A 本文件用词说明	23
附录 B 条文说明	24
附录 C 基础数据集示例	25
参 考 文 献	27

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国通信企业协会团体标准管理委员会提出并归口。

本文件主要起草单位：中国移动通信集团设计院有限公司

本文件参加起草单位：上海邮电设计咨询研究院有限公司、辽宁邮电规划设计院有限公司。

本文件主要起草人：王申、许锐、吴章成、盛小君、常鹤、毕健有、杨磊。

本文件为首次发布。

引 言

本文件的制定，是为规范移动通信规划系统软件功能，能够将分区域、分场景、分业务特征、分用户体验需求在覆盖、容量、用户感知等方面的规划与评估方法充分实现数字化、智能化，实现差异化网络服务要求，能够描述移动通信网规划系统软件的功能与技术能力。

本文件的编制以贯彻国家基本建设方针政策和技术经济政策为主，密切结合通信发展的实际，重在提升资源效益合理性。

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及到相关的专利的使用。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

移动通信规划系统软件功能要求

1 范围

- 1.0.1 本文件确立了在新建、改建和扩建中的各类站型的规划中,应涵盖移动通信网络工程中的规划、前评估、后评估流程。
- 1.0.2 本文件描述了充分调查分析现有移动通信频谱分配情况和预测网络发展需求,并充分考虑到各类应用目标对系统架构、数据架构的构建方式的要求。
- 1.0.3 本文件提供了规划系统软件的相关数据集分类、数据集内容、数据产生方采集和传输的相关要求。
- 1.0.4 本文件不适用于非标准数据接口的软件系统开发,本文件未给出非标准数据接口技术要求,相关非标准数据接口详细技术要求请实际软件使用单位独立编写相关技术规范。
- 1.0.5 本文件描述了软件开发、调测、部署资源过程中的合理要求,应尽可能降低重复花销与人员工时,提高上线与操作效率。
- 1.0.6 本文件确立了规划研究开发应符合国家现行有关标准的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 51278-2018 《数字蜂窝移动通信网 LTE 工程技术标准》

GB/T 51292-2018 《无线通信室内覆盖系统工程技术标准》

GB/T 8566-2007 《信息技术 软件生存周期过程》

GB/T 9385-2008 《计算机软件需求规格说明规范》

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

下列缩略语适用于本文件。

表 1 缩略语表

英文缩写	英文全称	中文解释
5G	The fifth generation	第五代移动通信
4G	The 4th generation	第四代移动通信
SA	Stand-Alone	独立组网
NSA	Non-Standalone	非独立部署
NR	New Radio	新空口
LTE-TDD	long Term Evolution Time Division Duplex	长期演进时分双工
LTE-FDD	Frequency Division Duplexing	长期演进频分双工
Macro	Macrocell	宏基站
Micro	Small cell	微基站
Insystem	indoor distributed system	室内分布系统
BBU	Base Band Unit	基带处理单元
AAU	Active Antenna Unit	有源天线单元
RRU	Remote Radio Unit	射频拉远单元
RSRP	Reference Signal Receiving Power	参考信号接收功率
SINR	Signal to Interference plus Noise Ratio	信号与干扰加噪声比
GPS	Global Positioning System	全球定位系统
AI	Artificial Intelligence	人工智能
PPO	Proximal Policy Optimization	近端策略优化
DCHP	Dense City High enetration	密集城区高穿损
DCLP	Dense City Low Penetration	密集城区低穿损
UB	Urban	一般城区
SBB	Suburban	县城
VAT	villages and towns	乡镇
RA	Rural Area	农村
MSA	Microservice Architecture	微服务架构

API	Application Programming Interface	应用程序编程接口
URL	Uniform Resource Locator	统一资源定位器
HTTPS	HyperTextTransferProtocoloverSecureSocketLayer	超文本传输协议
XML	EXtensible Markup Language	可扩展置标语言
VNF	Virtual Network Function	虚拟化网络功能
NMS	Network Management System	网络管理系统
MTBF	Mean Time Between Failure	平均故障间隔时间
MTTR	Mean Time To Repair	平均修复时间

4 规划系统总体设计方案

4.1 规划体系

4.1.1 移动通信规划系统软件应提供 2G/3G/4G/5G/ 物联网的规划能力，即可基于 GSM/LTE-TDD/LTE-FDD/NB-IoT/NR/CDMA/WCDMA 基站相关信息与数据进行网络站点规划与评估。

4.1.2 规划应遵循“以终为始、一步规划、分步实施”的总体思路，网络规划能够明确最终网络结构和业务能力、把控整体建设规模和投资。

4.1.3 以全网“一步规划”为基础，通过网络分析与优选原则制定“分步实施”策略，实现分期、分年度工程资源精准投放。

4.1.4 软件应能面向 ToC 业务、ToB 业务的规划，能够进行公网协同规划，其中 5G 网络规划应能基于 NSA 或 SA 架构提供应用。

4.1.5 软件应具备数据采集与校验能力、网络指标分析能力、高价值评估能力、合理结构选址能力、容量评估能力、室内覆盖解决能力、微站部署能力、高铁/地铁特殊场景规划能力、物联网规划能力等。

4.1.6 软件应能支撑专网独立业务需求的规划，具备“一站一策”能力，业务需求包括大带宽需求、高可靠性需求、超低时延需求、定制化网络需求、高安全和强隔离需求，输出多种模式定制网的结果。

4.2 架构层级

4.2.1 软件能够统筹汇总网络资源相关数据、网络运营和业务相关数据的基础上，对建设方案进行站点级分等级管理和精准规划，与管理流程相对应，能够支撑方案审核与项目管理，划分为基础资源层、需求识别层、精准规划层、方案审核层等四级能力架构，支撑建设方法与投资计划的决策。

a) 基础资源层，对接已有网络运营管理平台、综合基础资源管理平台、网优大数据分析平台、市场经营分析平台等，以统一标准接口方案与模板采集 B 域/O 域/M 域/S 域/台账等数据。

b) 需求识别层，结合 GIS 能力，基于现网业务、覆盖、价值等维度数据，结合大数据分析、聚类算法、AI 技术等，对网络进行分省、分地市、分覆盖区域、分基站类型、分覆盖场景的精细评估，精准定位高价值区域、识别高优先目标，为网络规划人员提供业务、终端、市场、用户、政策等多维度信息与可视化呈现。

c) 精准规划层，将建设思路融入数字规划，按需搭建应用功能，对已建设区域与待建设区域进行覆盖能力测算、弱覆盖识别、高价值区域聚合、容量预测评估等精准敏捷规划，生成优选站址库，指导网络规划建设。

4.2.2 软件构建应说明功能基础架构，包括接口层、数据层、算法层、分析层、应用层等；各层主要能力应明确，包含算法层具备图像识别、机器学习、聚类算法、轮廓识别算法等技术，分析层具备栅格处理、逻辑小区处理、物理小区处理、逻辑基站处理、物理基站处理能力。

4.3 软件架构要求

4.3.1 软件的部署架构宜做集中化要求，包含分为全国端、省端、地市端等，重点阐述实现方式、管理方式。

4.3.2 软件应明确通用架构要求，系统尽量采用通用 X86 或 ARM 硬件平台；主机采用主流商用操作系统，如 Windows、Redhat/CentOS、SUSE 等；主机应采用主流商用数据库，如 Oracle, SQLServer, DB2, Mysql, Postgresql, GreenPlum, MariaDB, Neo4J 等。

4.3.3 软件系统的硬件可靠性要求，软件所使用硬件设备的 MTBF 值应大于 10 万小时，所使用硬件设备的工作温度、工作湿度、储存温度、储存湿度等与通用 X86 硬件保持一致。

4.3.4 软件应对硬件设备隔离要求，为确保系统功能与系统接口互不影响，发生故障时降低影响范围，软件各服务应具备隔离部署的能力。

4.3.5 云化架构要求

a) 应明确部署方式，软件不依赖于定制化硬件，可部署在主流通用 X86、ARM 或 2288X 硬件平台上，支持物理机、云主机、虚拟机、容器等多种部署方式。

b) 应支持在云资源池中的自动化部署，对一键部署提出要求。

c) 说明软件组件内容，包括接入层、中间件、应用层、数据库等，组件均可以支持动态的负载均衡。

d) 规定软件的横向扩容及弹性伸缩能力，包含扩容时无需系统停机，扩容后软件支持动态的、自动将系统压力在新的节点上进行负荷分担，在资源横向扩展时，系统的处理能力能够做到接近线性的提升。

e) 规定软件的高可用及故障自愈能力，包含组件均支持故障自愈，在其运行的底层资源出现故障时，整个组件不会停机，并且能够自动的进行任务迁移。

f) 规定软件应急能力要求，包括最小应急能力、全量应急能力，在主用系统升级或操作系统升级、硬件故障、灾难（如，火灾、地震、海啸、战争）环境中系统的可用性，减少服务中断时间，保证系统提供持续可靠的服务。

g) 规定自动升级及灰度发布，传统采用人工升级的方式工作量大，在现阶段的环境中并不可取，软件升级应支持创新特性时，系统支持灰度发布，灰度发布过程中，业务处理成功率达到 99.95% 以上。

h) 支撑动态配置更新，软件应支持独立的动态配置中心，运维人员只要修改配置中心中的配置项，即可自动的、无需停机停机、无需重启系统，就可以使配置项的修改实时生效。

i) 系统可基于微服务架构 (Microservice Architecture) 来开发、部署、运行，使系统的架构和能力更加开放，具备可编排性、可扩展性及可维护性等特征。

4.3.6 应用软件架构要求

应用软件采用 B/S 架构。

4.3.7 时间同步要求

系统应支持设置外部时间同步服务器，或使用公共的时间同步服务器；系统的每台服务器应采用本地标准时间，国内采用北京时间。

4.3.8 系统界面及语言要求

a) 软件应提供图形化操作界面及指令化操作界面。涉及参数配置、参数查询、参数修改等指令化操作界面。

b) 软件应为用户提供在线帮助，提供详细的在线操作指南，指导用户完成相应的操作并提供帮助信息的导航功能。同时，对用户可能遇到的问题提供解答，用户可以输出帮助信息。

c) 软件应支持中文操作界面、可选支持英文操作界面，如果支持中英文，应支持中英文界面切换。

4.3.9 系统应支持 IPV6 与 IPV4 双栈特性。

4.4 软件技术方案要求

4.4.1 系统容量要求

系统软件和硬件应尽量符合自动化部署要求解耦，传统与云化部署方式软件应具备平滑扩容的能力；依据实际应用需求，评估系统容量，系统软件处理能力=处理能力需求/系统处理负荷要求；系统软件存储能力=存储能力需求/系统存储负荷要求；在不新增或者变更软件版本情况下，通过云资源池等存储与计算资源的能力配置满足上述容量要求。

4.4.2 系统空间及能耗要求

应描述软件部署占用空间、设备最大功耗，部署在云资源池的软件不适用本条规范。

4.4.3 系统可用性

应规定相关指标要求，举例如下：

表 2 系统可用性指标表

No	指标名称	指标值要求
1	系统可用性	≥99.95% (7×24)
2	故障平均恢复时间 (MTTR)	≤0.5 小时
3	故障发生频次 (MTBR)	≤3 次/年

4.4.4 系统处理能力

应规定相关指标要求，举例如下：

表 3 系统处理能力指标表

No	指标名称	指标值要求
1	总用户数	≥2000 个
2	同时在线用户数	≥1000 个
3	并发用户数	≥500 个
4	软件首页时延	≤10 秒
5	单条操作界面响应时延	≤2 秒
6	批量操作响应时延	≤5 秒

4.4.5 数据存储能力

应规定相关指标要求，举例如下：

表 4 数据存储能力指标表

No	指标名称	指标值要求
1	配置数据	长期保存
2	活动告警	≥50 万条
3	历史告警	≥3 个月
4	5 分钟性能指标	≥1 个月
5	15 分钟性能指标	≥6 个月
6	60 分钟性能指标	≥1 年
7	24 小时性能指标	≥1 年
8	自身监控数据	≥6 个月
9	操作日志数据	≥6 个月

4.5 接口规范

4.5.1 接口架构

应明确主系统与网络管理系统间的上行接口和下行接口各自关系，应说明资源数据接口、性能数据接口、告警数据接口、操作服务接口的数据量情况、周期传送方向、数据时延要求、操作指令返回结果等。

4.5.2 通用技术约定

公共要求，应对时间同步、编码方式、数据时间格式做出清晰要求，服务器应在境内设置，统一采用北京时间，接口服务器使用主系统的时间同步服务器或公共的时间同步服务器；所有消息和文件的数据编码采用相同编码方式；如无特殊说明，时间类字段数据格式均为：“YYYY-MM-DD HH24:mm:ss”。

FTP 通用要求，应说明服务端与客户端的负责内容，说明访问服务器的安全性要求；从目录结构、目录集中方式说明目录规则，包含根目录要求、省市专业简称等；对数据存放时间、格式、命名进行统

一要求；对于移动通信网络，应规范网元部署方式，包含“LTE”、“NSA”、“SA”分别对应4G、5G非独立部署场景、5G独立部署场景。

用户认证要求，应规范认证方式数量与类型，包含密码认证、集中认证等，认证流程应严格符合协议规范，包含Socket协议、Restful协议、SSH及SFTP协议等。

4.5.3 通信过程

规范消息方式、文件方式的格式与流程，以及通知、告警等。

5 数据字典

5.1 基础数据的定义

5.1.1 公共信息

应规范公共信息内容，包含字段名称、英文名称、数据类型、约束要求、取值与说明等内容。

5.1.2 数据格式

数据文件应定义格式要求，数据按自有分类进行存储，便于调用，根据业务系统按资源对象生成资源文件，一个资源对象对应一个资源文件。各类文件格式应对标签说明、标签属性进行清晰定义，包含XML、的fileHeader标签属性、object标签等。

5.1.3 技术指标

技术指标包括指标名称、指标含义、指标值等。

5.2 数据项描述

5.2.1 数据项说明，描述数据项的定义或用途说明。

5.2.2 数据类型，表示数据项的符号、字符或其他类型，见下表

表 5 数据类型表

数据类型	说明
字符型	通过字符形式表达的值的类型
整数型	通过“0”到“9”数字表达的整数类型的值
浮点型	通过“0”到“9”数字表达的实数
日期型	通过YYYYMMDD的形式表达的值的类型，符合GB/T 7408
日期时间型	通过YYYYMMDDThmm的形式表达的值的类型，符合GB/T 7408
布尔型	两个且只有两个表明条件的值，True/False
二进制	上述类型无法表示的其他数据类型，比如图像、音频等

5.2.3 表示格式，从业务角度规定的的数据项值的表示格式，包括所允许的最大和（或）最小字符长度、数据项值等。数据项的表示格式中使用的字符含义表。

表 6 数据表示格式表

表示格式	说明
YYYYMMDDThhmm	“YYYY”表示年份，“MM”表示月份，“DD”表示日期，“T”表示时间的标识符，“hh”表示小时，“mm”表示分钟，可以视实际情况组合使用。
i	表示字符个数
a	表示字母字符
n	表示数字字符
an	表示数字、字母字符
ai	表示长度固定为 i 个字母字符
ni	表示长度固定为 i 个数字字符
ani	表示长度固定为 i 个字母、数字字符
a..i	表示长度最多为 i 个字母字符
n..i	表示长度最多为 i 个数字字符
an..i	表示长度最多为 i 个字母、数字字符

5.2.4 允许值，本部分数据项值域有两种类型：

可枚举值域：由允许值列表规定的值域，每个允许值和值含义应成对表示。其中：

可选值较少的（3个或以下），在“允许值”属性中直接列举。

可选值较多的（3个以上），在“允许值”属性中写出值域代码名称。

不可枚举值域：由描述规定的值域，在“允许值”属性中应准确地描述该值域的允许值。

5.2.5 约束，说明一个数据项是否选取的描述符。该描述符分别为：

必选：表明该数据项应选择，如果数据项未被赋值则需要插入默认值；

可选：根据实际应用可以选择也可以不选；

条件必选：当满足约束条件中所定义的条件时应选择，约束条件在备注中说明。

5.3 基础数据的分域

5.3.1 数据可分为B域数据、O域数据、M域数据、S域数据、方案数据、台账数据、GIS信息、其他数据。

5.3.2 B域数据，市场经营相关数据，主要包括用户价值数据和市场发展数据。用户价值数据包括高APRU用户数、高DOU用户数、高MOU用户数、高端手机数、5G终端数等能够体现用户价值的信息；市场发展数据包括全网5G终端用户数、网络用户数等能够体现市场发展的数据。

5.3.3 O域数据，网络运营相关数据，主要包括网络运营数据、性能数据和MR数据，运营数据与性能数据主要包含现网基站信息、业务流量、无线利用率等，能够通过评估4G/5G现网质量指导网络规划；MR数据包括4G和5G的MR处理数据，主要用于实现小区级定位、50*50的栅格级定位。

5.3.4 M域数据，项目管理相关数据，主要包含5G规划参数、建设参数、建设状态等。参数主要包含

站名、经纬度、详细位置、网络制式、设备场景、站点类型、归属场景、需求编号、物理站点编号、技术类型等关键信息等。

5.3.5 S 域数据，业务网相关数据，主要包括物联网参数、车联网参数等。

5.3.6 GIS 信息数据，应用电子地图，各模块应用格式统一，数据内容包含地图中的位置信息、地理标记、路网信息等，用于站址 GIS 展示、价值区域 GIS 呈现、C-RAN 机房拓扑标识等；数据按工程项目周期进行维护，如城市无特殊变化，可长期维持一套。

5.3.7 区域 MIF 图层，以国家行政级别作为基础，参考人口与建筑物分布、传播环境特征，将地市划分为密集城区高穿损、密集城区低穿损、一般城区、县城、乡镇、农村六类覆盖区域。

5.3.8 方案数据，针对各网络的宏站、微站、室分等站型，规划的或人工制定的输入或输出数据，包括基站工参、建设方式等。

5.3.9 各域数据采集应明确数据颗粒度、数据周期、数据清洗结果、数据标识等内容。

5.4 基础数据的分集

5.4.1 数据集可分为 B 域数据子集、O 域数据子集、M 域数据子集、S 域数据子集、方案数据子集、台账数据子集等。

5.4.2 采用运营商间网络共享时网络侧数据还应区分承建区和共享区。

5.4.3 B 域数据应参照市场管理、网络制式进行分集，包含 2G 网络数据子集、4G 网络数据子集、5G 网络数据子集等。

5.4.4 O 域数据应参照网络资源、网络运行、网络维护、网络优化、网络制式进行分集，包含 2G 综合资源数据子集、4G 综合资源数据子集、5G 综合资源数据子集、设备数据子集、2G 业务数据子集、4G 业务数据子集、5G 业务数据子集、4G 测量（MDT\MR）数据子集、5G 测量（MDT\MR）数据子集、网络投诉数据子集、系统边界切换成功率指标等。

5.4.5 M 域数据应参照网络制式、基站结构、项目管理方式与流程进行分集，包含 2G 逻辑基站数据子集、4G 逻辑基站数据子集、5G 逻辑基站数据子集。

5.4.6 方案数据应参照网络制式、基站类型进行分集，包含 5G 宏站方案子集、5G 室分方案子集。

5.4.7 台账数据根据规划目标分为网络台账数据子集、规划台账数据子集。

5.4.8 各域分集数据采集应明确数据颗粒度、数据周期、数据清洗结果、数据标识等内容。

6 数据处理与数据流转过程

6.1 数据传输

尽量采用 HTTPS 加密传输方式，降低容错率。

6.2 数据存储

数据文件、数据信息，应规范统一要求，包括版本标识、统计时间、序列号、后缀、文件类型、生成过程等。

6.3 数据校验

能够根据数据公共信息要求，进行数据校验，包含字段名称、英文名称、数据类型、约束要求、取值与说明等内容。

6.4 数据流转过程

数据采集后，需要经过模型库分类处理、现网分析调用、规划应用、仿真、参数配置、站址配置、结果输出、投资估算、方案审核、建设后评估等环节。

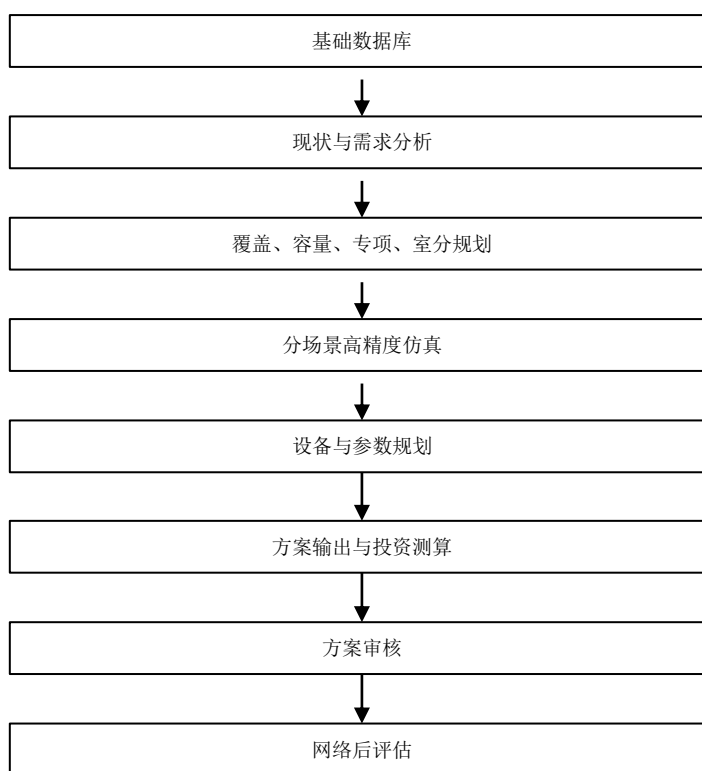


图1 数据流转图

7 需求分析能力

7.1 需求分析类型

7.1.1 软件需求分析目标，应用智能算法代替人工判断，通过站址资源与结构分析、覆盖分析、容量分析、价值分析等能力，从广、深、厚、特、专等多维度识别网络发展需求。

7.1.2 应按目标进行需求分析，包括覆盖指标、高优价值、用户体验、投资效益、竞对情况、市场发展、政府策略等。

7.1.3 应按对象进行需求分析，包括室外、室内需求分析，覆盖、容量需求分析，特殊场景需求分析，性能、感知需求分析等。

7.1.4 应按业务进行需求分析，包括 ToC 业务需求分析、ToB 业务需求分析等。

7.1.5 应从传统接入需求分析转变到端到端网络功能、性能、质量的需求分析。

7.2 需求分析流程

7.2.1 基础现状分析

a) 基站资源统计，逻辑小区、物理小区、逻辑基站、物理基站关联关系，能够通过多重迭代算法精准定位物理基站。

b) 频率应用统计，分网络制式，识别逻辑小区、物理小区频点应用情况。

c) 物业点统计，关联物业点中室内分布系统建设情况，包括网络制式、频率应用、设备情况、天线数量、覆盖面积等。

d) 覆盖场景识别，栅格化分析，能够通过图像识别、高层信息、模糊查询等智能算法为栅格贴标签，通过聚类分析确定成片同类型覆盖场景。

7.2.2 业务预测

使用者导入政府策略、用户增长、终端投放、市场推广、资费方案与网络运行数据等，软件通过大数据合并分析、大量训练算法、深度学习算法，构建城市级、区域级、场景级、基站级、用户级业务测试能力，能够完成短期、中期、长期测算结果输出。

7.2.3 广覆盖分析

a) 分城市区域的覆盖分析、分场景类型的覆盖分析。包括连续区域覆盖分析、非连续区域广覆盖分析。

b) 单网络制式的弱覆盖识别、多网络制式的协同覆盖分析、基于移动性管理的数据承载能力分析、基于移动性管理的语音承载能力分析。

c) 基于用户测量（MR/MDT）的覆盖分析、基于道路测量的覆盖分析。

7.2.4 深覆盖分析

a) 基于测量数据的室内深度覆盖识别。

b) 结合基站建设方式、采用设备的类型、实际应用频段，根据覆盖目标与用户分布、频率应用策略等关键字段，进行室内外高低频的协同覆盖分析，确保用户的覆盖接入指标、体验速率能达到建设要求。

c) 根据建筑物分布、用户聚集程度、业务潮汐情况、网络建设方式等关键字段，对成片居民小区进行覆盖需求识别。

d) 根据建筑物分布、用户聚集程度、业务潮汐情况、网络建设方式等关键字段，矮街背巷进行覆盖需求识别。

7.2.5 厚容量分析

应基于业务流量、网络利用率划分现网热点等级，结合业务预测，判断未来热点分布，通过聚类算法，输出室内外流量密度分布情况。

7.2.6 高价值分析

应基于市场驱动、业务发展、用户感知、效益提升等维度，通过对业务流量、用户数、ARPU、DOU、MOU、无线利用率、SS-RSRP、CSI-SINR、用户平均速率、网络投诉、流量成本等指标，分析高价值区域，识别高价值目标。

7.2.7 特殊场景分析

- a) 高铁覆盖与容量需求分析。
- b) 地铁覆盖与容量需求分析。
- c) 高速公路覆盖与容量需求分析。
- d) 其他类型特殊场景的覆盖与容量需求分析。

7.2.8 专项网络分析

- a) 基站集中部署（C-RAN）需求分析、机房与基站拓扑分析。
- b) 围绕物联网“广深覆盖、海量连接、安全可靠、灵活部署”的特征，依靠“网络运营数据、市场发展数据”进行分析。

7.2.9 ToB 行业需求分析

- a) 判别 2B 应用需求，聚类业务性能需求，映射网络能力指标，形成多维业务地图。
- b) 基于覆盖、可靠性、时延、速率、场景等维度对行业需求进行数字化画像。

7.3 需求分析结论

7.3.1 应输出覆盖在哪里，室外栅格定位、室内楼宇定位，作为室外覆盖、室分建设的规划输入。

7.3.2 应输出用户在哪里，为高端、重点用户画像，进行用户标识、轨迹分析，执行常驻位置管理，作为覆盖规划输入。

7.3.3 应输出价值在哪里，聚类价值场景、价值区域，作为覆盖、容量、感知规划输入。

8 规划能力

8.1 规划基础能力

8.1.1 应在软件中录入或导入各网络各频段基础能力，包括空间传播链路预算、覆盖距离、数据容量等。

8.1.2 应在软件中录入或导入设备能力，包括功率配置、带宽配置、通道数量、接入最大用户数等。

8.1.3 应在软件中录入或导入问题站点判别依据，包括超高站、超低站、超近站、超远站、C-RAN 集中度系数等。

8.2 规划智能算法

- 8.2.1 宜应用大数据分析算法，能够快速、准确分维度处理海量网络运营数据。
- 8.2.2 宜应用基站画像、聚合算法、神经网络，评估站址结构合理性。
- 8.2.3 宜应用凸包算法+聚合算法，区分区域类型。
- 8.2.4 宜应用构建预测模型，对覆盖、容量进行评估。
- 8.2.5 宜应用循环迭代算法，进行参数配置。
- 8.2.6 宜应用森多边形、方向角聚合算法，检测小区与基站覆盖能力。
- 8.2.7 宜应用归一算法测算站间距等信息。

8.3 精准规划能力

- 8.3.1 规划基于当期网络规划目标、建设指导原则及网络发展需求开展站点规划评估，遵循“规划维度选择—关键指标确定—建设方式选择—资源效益评价—综合评估”的流程。
- 8.3.2 规划应分省/地市、分覆盖区域（密集城区高穿损、密集城区低穿损、一般城区、县城、乡镇、农村）、分覆盖场景（党政军机关、党政军宿舍、武警军区、星级酒店、商业中心、写字楼、企事业单位、会展中心、机场、火车站、长途汽车站、码头、高铁、普铁、地铁、高速公路、国道省道、城区道路、郊区道路、航道、休闲娱乐场所、体育场馆、广场公园、风景区、医院、高校、中小学、高层居民区、低层居民区、城中村、别墅群、工业园区、集贸市场、乡镇、村庄、边境小区、沙漠戈壁、山农牧林、近水近海域、公墓、其他等）开展。
- 8.3.3 规划应基于需求分析结论，优先针对高流量区域、高价值区域、高重要性场景、高端用户开展。
- 8.3.4 网络站点规划、设备配置应面向多网协同，充分利用现网资源，整合多维需求，合理输出方案。
- 8.3.5 对于特殊场景建设需求，应进行专门的重要性和投资效益分析。
- 8.3.6 对于投诉与竞对需求，应逐网格/栅格进行优化测试分析、精准评估，开展针对性规划。
- 8.3.7 站址规划

a) 连续覆盖区共址站规划

充分利用现网丰富的站址资源，以共址站智能规划算法输出满足室外“覆盖指标、验收指标”的选址方案，达成降低投入的要求。

可参考资源投入思路，一要充分共享已有站址，二要规避不合理站址入网，三要严控新增站址。

通过智能算法把控规划全流程，根据价值需求分析和网络结构分析结果，将规划站址分为优选站、备选站、待建站等三类。

b) 连续区域新建站补点规划

宏站补点和微站补点站址规划在分析现网基础上，利用智能算法综合“无/弱覆盖+高价值/业务量+栅格化寻址满足结构条件”，剖析宏站微站之间的关联及互补关系，应对“设备部署原则”输出最佳补

点方案，实现宏微协同的立体覆盖。

软件判定弱覆盖黑点、成片覆盖空洞，标注特殊覆盖需求(包括无建站需求的空白区、拆迁区域等)。

c) 非完全连续区域站点规划

在乡镇、农村广覆盖规划中，将规划站点与目标覆盖区域强关联，以最合理的站点数量、最佳方位角配置最大化区域覆盖率。

农村地域广袤、地貌特征复杂，行政村数量巨大且分散，需要借助智能化工具梳理站址库、处理地理信息数据，编制结合复杂地貌的选址方案。

8.3.8 容量规划

a) 根据需求分析构建业务需求模型、网络资源模型，可适配各类场景。

b) 取定网络负荷评价指标，编制扩容门限判决算法。

c) 将分区域、分场景、分室内外的扩容方式选取方法转换为数字算法，嵌入软件。

8.3.9 室内规划

a) 应在软件地图中生成可视化建筑物。

b) 在建筑物上标识物业点，可存在多建筑物对应一个物业点，并备注覆盖场景。

c) 物业点与现网室分建设站点进行一一对应。

d) 结合室内需求分析结果，筛选需要建设室分的物业点，并结合业务需求、覆盖场景选取建设方式。

8.3.10 精细规划

软件应匹配网络发展新需求，实现“设备能力最大化”“参数优化配置”“落地可实施”“提升网络性能”等方面的技术方案数字化，包含设备选型、天馈整合、方位角寻优等。

8.3.11 投资估算

软件应基于建设规模、工程参数设定等，输出总投资、主设备投资、配套投资结果，支撑多方案对比选择。

8.3.12 方案审核

a) 应能够校验方案完整性。

b) 应能够根据生产管理流程嵌入审核方法。

c) 应能够按审核流程逐步操作。

d) 子功能与结果应围绕审核要点，包含新址率、热点覆盖率、C-RAN集中度、站址结构问题等。

8.3.13 网络后评估

a) 软件基于移动通信网演进策略的深刻理解，按照网络发展目标，将网络评估功能划分为“总体评估、专题评估、专项评估”等三大系统。

b) 软件基于业务发展态势，明确网络运营重点，以用户需求做为关键要素，将网络评估功能划分为“面向 ToC 业务、面向 ToB 业务”等两大系统。

8.4 规划结果输出

8.4.1 规划结果的数据主要有图表展示和 GIS 地图展示两种方式，并且一定条件下可以相互转换。

8.4.2 图表展示：主要涉及室外的站址规划、室内规划、容量规划、投资估算及精细规划等规划结果，显示规划结果的各种属性和数量关系，可以导出为 EXECL 和 CSV 格式；对于统计图表或者规划报告类的结果，也可以导出为 JPG 和 WORD 这种更直观的格式。

8.4.3 GIS 地图展示：要涉及室外的站址规划、室内规划和精细规划等，通过 GIS 地图的形式直观的展示规划结果的地理分布，间距和疏密程度等位置关系，可以导出为 TAB 格式、MIF 格式、KML 格式或支持 arcGIS 的 SHP 格式等地图格式。

9 系统自管理要求

9.1 系统配置管理能力

9.1.1 实现系统自身的硬件和软件的配置管理。实现对系统自身各类配置数据的新增、修改、删除、查询、统计。支持配置明细数据按格式导出。

9.1.2 需要配置的内容应包括但不限于，系统类别、目录、资源等编码及生成规则 and 要求的配置；接口对接中必要的资源信息配置；完成系统运行策略的信息配置，完成系统其它信息和要求的配置等。

9.1.3 系统配置为运营人员提供配置系统参数的功能，举例配置项

系统与接口参数配置，包含主机唯一标识、名称、描述、IP 地址、端口号、用户名、密码、状态等。

a) 日志定期备份配置，包含日志备份的周期、备份文件存储的位置。

b) 日志定期删除配置，包含备份日志文件的保存时间。

c) 统计分析参数配置，包含数据统计周期、数据统计项目、数据展示方式、数据导出格式、导出位置等。

d) 微服务管控功能，服务注册与发现、服务的负载均衡、服务的容错保护、API 闸道服务、分布式配置中心、消息驱动的微服务、消息汇流排以及分布式服务跟踪等。

9.2 系统监控管理能力

9.2.1 系统软件状态监控，显示系统的各模块和功能点的运行状态，并提供系统管理相关功能，包括收集系统软件的性能、告警以及配置信息，以合适的形式展现这些信息。

9.2.2 系统在后端显示状态的情况下，应定期更新显示内容。

9.2.3 软件处理的相关指标参数与结果在指定界面监控管理，应说明主要监控对象，包含应用程序进程、微服务、网卡、数据库、存储库的运行与适用情况。

9.2.4 软件应说明监控指标，包含系统服务状态、数据存储空间、数据库占用空间、CPU 利用率、内存使用率、性能数据处理时延、系统磁盘读取速率、性能测量任务支撑数量、同时在线用户数、最大在线用户数等信息。

9.2.5 软件应说明监控功能，包含性能实时监控、软件实时告警监控等，明确监控内容，如硬盘温度过高、服务器故障、某一进程/服务/微服务卡死、数据库总硬盘使用超标、服务器 CPU 使用率超标、服务器内存使用率超标、服务器硬盘使用率超标等。

9.2.6 各项监控功能的采样时间和阈值可由应用方设定。其中，系统应提供对数据库的空间占用进行各级门限设置的功能，并在发生门限溢出时产生相应级别告警，提示维护人员采取备份历史数据、清理无用数据或追加存储空间等措施。

9.2.7 软件能够对各项监控指标进行查看，如能查看系统进程、应用进程等的进程名/服务、微服务名称、运行状态、开始时间、停止时间、运行主机、进程类型等信息，并能对某些进程做中断或启动操作；维护方能查询与数据库的连接进程情况。

9.3 操作系统兼容能力

系统兼容性，软件应能兼容自身管理线条通用的软件版本，还应能兼容其管理线条的任一在网版本，能够支持现有规划平台上的接口要求，进行数据上报与下载。

10 系统安全与维护要求

10.1 系统安全管理

10.1.1 安全策略，设置用户访问控制规则的功能。通过安全策略的相关功能，可以提升运维效率并有效避免非法用户对系统的入侵，保证系统的安全性。

10.1.2 帐号策略，设置用户名最小长度和用户登录相关的策略，合理设置可提升系统访问的安全性。帐号策略设置后应用于所有用户，由安全管理员进行设置。

10.1.3 密码策略，规定了密码的复杂度、更新周期、字符限制等，合理设置用户密码策略可避免用户设置过于简单的密码或长时间不修改密码，提高系统访问安全性。密码策略设置后应用于所有用户，由安全管理员设置。

10.1.4 登录 IP 地址控制策略，系统在运行过程中对来自外部的访问请求所在的 IP 地址进行授权检查的一种控制机制。设置登录 IP 地址控制策略并应用后，用户只能从特定 IP 地址区间登录系统。

10.1.5 登录时间控制策略，系统在运行过程中对来自外部的访问请求时间进行授权检查的一种控制机制。设置登录时间控制策略并应用后，可限制用户只能在特定的时间段内登录系统。

10.1.6 操作服务接口策略，通用命令能够完成变更上报、数据查询等功能，上下层配置数据能够支撑下发、返回结果。

10.1.7 升级要求，保障系统平滑升级，不影响运行与上报，能够保留原有配置数据与系统任务，明确版本信息管理要求。

10.1.8 软件补丁管理要求，包括补丁加载、补丁激活、补丁去激活、补丁卸载、补丁号及记载等。

10.2 数据安全

说明采用方法、保障能力、部分过程等。

采用签名算法，能够确保参数格式统一、顺序唯一、空值处理、验证流程清晰。

假设传送的参数如下：

```
app_id: 123
process_id: 6d9fd1f9bec74e7b81a8019b0dda0885
ver: 1.0
event: {"data":"d","sub_type":"b","product_id":"c","uscid":"d"}
sign_type:MD5
event_id:1
event_type:10
timestamp:20190814115207
```

第一步：对参数按照 key=value 的格式，并按照参数名 ASCII 字典序排序如下：

```
stringA="app_id=123&event={"data":"d","sub_type":"b","product_id":"c","uscid":"d"}&event_id=1&event_type=10&process_id=6d9fd1f9bec74e7b81a8019b0dda0885&sign_type=MD5&timestamp=20190814115207&ver=1.0";
```

第二步：拼接 API 密钥：

```
stringSignTemp=stringA+"badsasdfwefw" //注：key 为平台设置的密钥 key
```

```
sign=MD5(stringSignTemp).toUpperCase()=="C72EE8CE481920E1DA37AA33C9A1A902" //注：MD5 签名方式
```

最终发送的数据：

Xml:

```
<xml>
```

```
<app_id>123</app_id>
```



```

<process_id>6d9fd1f9bec74e7b81a8019b0dda0885</process_id>
<ver>1.0</ver>
<event>{"data":"d","sub_type":"b","product_id":"c","uscid":"d"}</event>
<sign_type>MD5</sign_type>
<event_id>1</event_id>
<event_type>10</event_type>
<timestamp>MD5</timestamp>
<sign>C72EE8CE481920E1DA37AA33C9A1A902</sign>
</xml>

```

Json:

```

{
  "app_id": "123",
  "event": {
    "data": "d",
    "sub_type": "b",
    "product_id": "c",
    "uscid": "d"
  },
  "event_id": "1",
  "event_type": "10",
  "process_id": "6d9fd1f9bec74e7b81a8019b0dda0885",
  "sign": "C72EE8CE481920E1DA37AA33C9A1A902",
  "sign_type": "MD5",
  "timestamp": "20190814115207",
  "ver": "1.0"
}

```

10.3 日志管理

日志管理包括日志内容、日志管理操作两部分。

日志内容包括系统日志、操作日志、安全日志、事件日志。

日志管理操作包括日志的设置、查询、统计、归档、备份、导出、告警上报、格式、转发等。

包括接口日志中保存操作日志、告警流水日志等，包括记录客户端日志、记录实时告警消息发送日志、记录操作服务接口操作日志，包括客户端 IP 地址、用户名、连接时间、断开时间等、发送时间、告警消息序号、URI、HTTP 访问方法、操作时间、返回码等。同时明确保存时间。

10.4 云化环境管理

10.4.1 说明云化环境参数阈值配置要求，参数包括：CPU 使用率阈值、内存使用率阈值、磁盘存储阈值、数据库存储空间阈值等。

10.4.2 说明云化环境参数异常监控要求，包含当 CPU、内存、磁盘存储及数据库存储空间超过阈值时，给出告警提示。

10.5 系统平台的性能

10.5.1 规划软件涉及网络基础数据、网络性能数据，用户数据、MR 覆盖数据、路测数据、投诉数据等海量数据存储调用和挖掘分析，数据分析能力和算法应保证用户的使用感知，系统平台响应时间不宜超过 2 分钟，建议实现 5 秒内响应，在接收规划运算任务后，通过系统能通过进度条显示运算状态，在完成运算任务后通知提醒定制任务的用戶。

10.5.2 系统平台客户端一批用戶同时执行一个操作会导致系统的宕机和拥塞，软件系统的并发处理能力应支持不小于 20 并发用戶数。

10.6 系统备份和恢复

10.6.1 系统备份的目的是当系统出现故障时，能够根据文件系统备份与数据库备份将软件恢复到故障前的状态。应定义恢复数据范围、用戶可设置备份方式、备份内容、备份时间和备份介质等备份参数。举例，备份方式包括：

- a) 手动方式与周期性自动备份方式，对自动方式应能够设置备份执行时间。
- b) 在线备份与离线备份方式，指被管对象处于在线及离线状态下的数据备份。
- c) 完全备份与指定内容备份方式，完全备份指全量数据备份，指定内容备份指可指定部分功能涉及内容进行备份。

10.6.2 数据恢复是当数据受到破坏后，软件对数据进行正确的恢复，恢复方式可选择从备份中恢复或从数据源重新获取。数据损坏时，软件应能够启动恢复功能。

系统恢复是当系统受到破坏后，能够根据备份数据将系统恢复到正常工作状态。系统恢复时间应在 2 小时以内。

10.6.3 对接口可靠性要求，包括接口可用性、接口故障平均恢复时间、接口故障发生频次，通常

指标要求参考如下：

表 7 接口可靠性要求表

No	指标名称	指标值要求
1	接口可用性	$\geq 99.9\%$ (7×24)
2	接口故障平均恢复时间 (MTTR)	≤ 2 小时
3	接口故障发生频次 (MTBR)	≤ 3 次/年

10.7 开源技术引入

系统搭建过程中,对于开源技术或代码的引入需要谨慎处理,应明确开源技术引入类型、落地要求,要求通过转换为自主独立算法,最终形成自有能力。

附录 A 本文件用词说明

在本文件条文中执行有关严格程度的用词，采用以下写法：

A.0.1 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“须”；

反面词采用“严禁”。

A.0.2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

A.0.3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

A.0.4 表示允许有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

附录 B 条文说明

为贯彻落实党和国家关于加快数字化发展、建设数字中国的决策部署，把握千行百业数智化转型机遇，适应 5G 时代信息基础设施建设与运营新趋势，需要利用大数据挖掘、AI 技术，对网络进行分类、分区域、分级、分场景的精细规划，促进网业协同，提升资源使用效益，达到深入推进 5G 融入百业服务大众，推动行业实现全面智能化、可持续发展，打造新基建基石，服务于社会数字化转型，服务于国计民生。

移动通信网规划的数字化、智能化能够快速形成面向 To C 与 To B 业务的分析能力，准确识别用户需求，结合业务需求、网络能力输出结构合理、资源高效的实施方案。

本文件主要针对移动通信网络规划系统软件提出功能设计、数据架构、安全维护等要求。

为方便广大设计、规划、运营企业等单位有关人员在使用本文件时能正确理解和执行条文规定，编写组按章、节、条顺序编制了《移动通信规划系统软件功能要求》的条文说明，对文件规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行说明。但本文件说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

附录 C 基础数据集示例

B 域网络数据集	基站 ID, 基站名称, 小区 ID, 小区名称, E-CGI, PCI, 4G 网络总流量 (MByte), 4G 网络总时长 (s), 产生 5G SA 话单的用户数, 产生 5G SA 话单的用户在该 4G 小区的驻留时长(s), 产生 5G SA 话单的用户在该 4G 小区的流量 (MByte), 手机终端总数量 (个), 其中 2G 单模终端数量 (个), 终端品牌, 终端价格, SA 单模终端数量 (个), NSA 单模终端数量 (个), DOU 分档用户数 (个), ARPU 分档用户数 (个), MOU 分档用户数 (个) 等
O 域综资数据集	基站 ID, 基站名称, 小区 ID, 小区名称, E-CGI, PCI, 基站属性, 天面经度, 天面纬度, 机房类型, 机房地址, 天线挂高, 方位角, 机械下倾角, 设备厂家, SSB RS 配置功率, 使用频段, 在用载波数, 带宽, 开通第二载波小区, 开通方式, 网络制式, 覆盖场景, 天线类型, 天线数量, 覆盖面积等
O 域业务数据集	基站 ID, 基站名称, 小区 ID, 小区名称, CGI, PCI, 天面经度, 天面纬度, 处于双连接的 RRC 连接平均数, 处于双连接的 RRC 连接最大数, NR 终端 RRC 连接平均数, NR 终端 RRC 连接最大数, 下行 PDSCH PRB 占用平均数, 下行 PDSCH PRB 可用平均数, 上行 PUSCH PRB 占用平均数, 上行 PUSCH PRB 可用平均数, PDCCH 信道 CCE 可用个数, PDCCH 信道 CCE 占用个数, 下行 PDSCH PRB 平均利用率, 上行 PUSCH PRB 平均利用率, PDCCH 信道 CCE 占用率, 下行业务信道流量, 上行业务信道流量, 下行用户平均速率, 上行用户平均速率, 下行 MIMO 平均配对层数, 下行 MIMO 配对 PRB 占比, 上行 MIMO 平均配对层数, 上行 MIMO 配对 PRB 占比, 平均 E-RAB 数, E-RAB 建立成功数, VoLTE/VoNR 语音话务量 (用户数), VoLTE/VoNR 语音峰值用户数, 下行 VoLTE/VoNR 占用 PRB 总数, 上行 VoLTE/VoNR 占用 PRB 总数, 5G 下切 4G 的比例, 5G 重定向 4G 的比例等
O 域测量数据集	经度, 纬度, 频段, 平均 RSRP, 总采样点数, RSRP 分区间采样点数等
O 域网络投诉数据集	投诉位置经度, 投诉位置经度纬度, 投诉场景 (室外/室内/室内外), 被投诉网络制式 (2G\4G\5G), 关联距离最近 5G 目标网基站名称/物业点名称, 关联距离最近 5G 现网基站名称/物业点名称, 关联距离最近 4G 基站名称/物业点名称, 此位置前三个月累计投诉次数等
M 域数据集	基站 ID, 基站名称, 物理站点编号, 需求编号, 天面经度, 天面纬度, 详细地址, 网络制式, 基站设备厂家, 覆盖面积, 小区或建筑物名称, 技术类型等
S 域数据集	小区 ID, 小区名称, 基站 ID, 基站名称, 频点号 EARFCN, 区域类型, 主要覆盖的场

	<p>景类型, 基站属性, 设备厂商, 带宽, 工作频段, 载频数量, 经度, 纬度, 方位角, 天线挂高, 上行信道利用率, 下行信道利用率, SRB1bis 接收上行总吞吐量, SRB1bis 发送下行总吞吐量, 有效 RRC 连接最大数, 有效 RRC 连接平均数, NB-IoT 小区 RRC 连接建立成功率, rrc 连接建立拒绝占比, NPRACH 信道资源占用数, NPRACH 信道资源预留数, 最大 RRC 连接用户数, 平均 RRC 连接用户数, NB-IoT 小区覆盖等级 0 的用户数占比, , 小区每子载波接收的上行平均干扰噪声, 上行 MCS 统计, 下行 MCS 统计, MAC 层上行误块率, MAC 层下行误块率, RRC 连接平均建立时长, 寻呼拥塞率, S1 接口 UE 相关逻辑信令连接建立成功率, 小区无线掉线率, NB-IoT 小区随机接入成功率, RLC 层下行业务发送时长, RLC 层上行业务接收时长等</p>
方案数据集	<p>基站名称, 基站 ID, 基站编码, 区域类型, 经度, 纬度, 频段, 建设工期, 站址类型, 物业点名称, 物业点地址, 物业点经度, 物业点纬度, 物业点面积(万平米), 物业点覆盖场景, 机房地址, 4G 室分物业点建设属性, 4G 室分物业点建设 2G 900M 分布系统, 4G 室分物业点室分系统覆盖面积, 4G 室分物业点为小区分布系统, 5G 室分物业点建设情况, 5G 室内覆盖物业点改造方式, 5G 室分物业点 BBU 数量 (个), 5G 室分物业点 RRU 数量 (个), 5G 室分物业点 PRRU 数量 (个), 5G 室分物业点物理小区数 (个), 5G 室分物业点载频数 (个) 等</p>
台账数据集	<p>网络台账包括 5G、4G、高铁、C-RAN、农村建设情况统计, 以及现网基站基础资源统计等 规划台账包括 5G、4G 用户发展、投资、收入统计, 竞对、覆盖区域情况统计, 用户及业务发展预测等</p>

参 考 文 献

- [1] 王海伦, 李华. 计算机工程现代化技术的发展现状与对策[J]. 中国新通信, 2020, 22(03): 234
- [2] 张小雨. 大数据时代下软件工程技术的应用[J]. 电脑知识与技术, 2020, 16(33): 84-85+105
- [3] 蒲在毅. 计算机安全漏洞检测与漏洞修复方式分析[J]. 信息与电脑(理论版), 2020, 32(9): 206-208.
- [4] 张果. 计算机工程现代化技术的发展现状与对策[J]. 电子技术与软件工程, 2019(16): 57-58.
- [5] 王程. 防火墙安全测试系统的设计与实现[D]. 北京邮电大学, 2018
- [6] 李奇冰. 大数据时代下软件工程关键技术分析[J]. 数字技术与应用, 2016(11): 231.