

联运系统的GPSS仿真¹⁾

顾昌耀 王振烈 邱菀华

(北京航空学院)

摘 要

本文给出了使用GPSS (General Purpose Simulating System——通用仿真系统) 系统仿真语言构造的联合运输系统通用的GPSS动态数字模型。某即将兴建的游览区是一个串、并联混合的汽、索车联运系统, 文中给出它的GPSS模型, 通过电子计算机对该模型的仿真, 为该游览区进行规划设计和运营管理提供了决策依据。

一、前 言

交通运输的紧张是制约我国经济发展的重要因素之一, 交通运输随机性很强, 因此, 如何规划一个运输系统的大小 (包括对总站和道路的设计), 如何根据现有设施及社会需要安排车次, 便成为至关紧要的大系统管理问题。本文是应用电子计算机仿真技术对运输系统实行科学管理的一次尝试。

GPSS语言用于离散型的动态系统仿真较之其它语种有简练易读、逻辑性强、输出信息多、省机时等优点。例如, 画直方图程序, 用FORTRAN语言需四十九条左右指令^[4], 而用GPSS语言, 只需六条指令^[1]。本文建立的模型所用指令约是FORTRAN语言建立相应模型所用指令的八分之一。

二、联运系统的GPSS动态数字模型

一个动态数学模型是把系统属性值的变化推导为一个时间的函数。下面应用GPSS仿真技术使原系统再现, 并通过对系统的动态模型性能的观测求解之。这里所研究的系统为联合运输系统, 它由一些车站、码头、机场和若干运输工具以及提供服务的相应设施组合而成, 它们有机结合完成运输功能。以汽车运输系统为例, 由汽车、车站、公路组成, 完成运送乘客功能。总站设有调度室、车库、候车室、控制开关等。车在公路上行驶, 将随机到达的乘客送往各目的站。

设系统中实际有K站: A_1, A_2, \dots, A_k , 其中 A_1, A_k 是总站。为使模型通用, 规定

本文于1984年2月14日收到。

1) 本文曾在1983年全国第四次仿真学术会议上宣读。

从 A_1 到 A_k 是方向1, 其站记为 A_1, A_2, \dots, A_k ; 从 A_k 到 A_1 是方向2, 记为 $A_{k+1}, A_{k+2}, \dots, A_{2k}$. 因此模型中共有 $2K$ 个站。如图1所示。

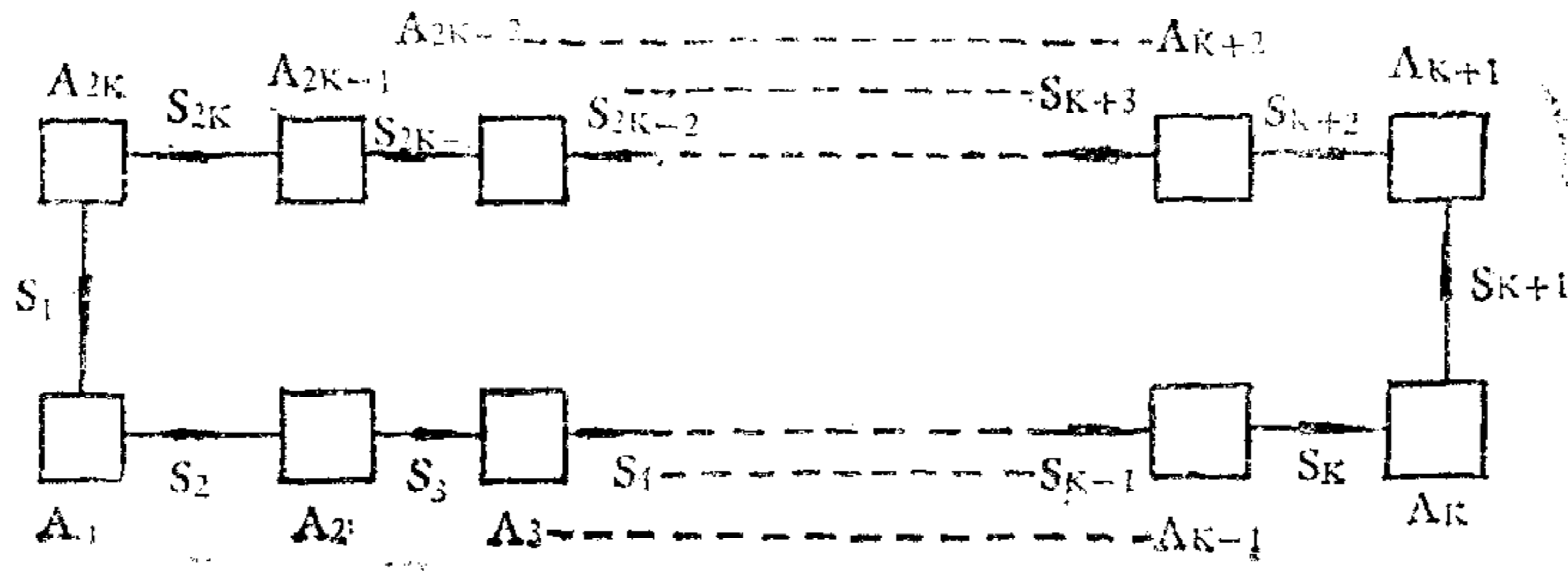


图 1 联运系统的车站和区间示意图

系统的区间由相邻两站间的道路组成, 记为 $S_i (i = 1, 2, \dots, 2K)$ (见图1), 其中 S_1 和 S_{k+1} 是总站里的车调头区间。实际的公路段被仿真成两个不同方向的区间。这是一个最基本的联运系统, 它可组合成任意复杂的系统。本文以时间的先后次序为基础建立其逻辑关系。量化也以时间为转移, 不同的时间, 仿照实际情况进行不同的作业, 组成模型的运行。分别以人、车、控制开关为 TRANSACTION 分段独立仿真, 通过相同的队列名、开关名的横向联系, 组成纵横交错的动态有机统一体, 这就是建模的思路。

由此, 模型分为几个主要节, 即发车信号控制节、汽车节、乘客节和两个公用节 (记时器节、打印节)。它们又细分成八段, 即 Section A 发车信号控制段、Section B 汽车发生段、Section C 汽车的站上作业段、Section D 汽车区间运行段、Section E 乘客发生控制段、Section F 乘客发生段、Section G 记时器段、Section H 输出段。

模型中 GPSS 实体所对应的系统元素为:

TRANSACTION (以后简称 TRAN) 代表汽车或乘客; STORAGE 是车库和汽车; SWITCH 代表总站发车控制开关 BBB1, BBB2 和 各站控制发放乘客开关 1—K。

PARAMETERS OF BUS: PF1—PF3 分别记汽车编号、站号、区间号; PF4 记汽车运载时间累计; PF5—PF6 记下、上车人数; PF7—PF(6+2K) 记去 A_1, A_2, \dots, A_{2k} 站的下车人数。

SAVE LOCATIONS: $x_1 = 2K$ 为站数; x_2 为一次车开关门时间; x_3 为单个乘客上(下)车所费时间; $x_4 - x_5$ 为 A_1, A_k 站的理论发车时间; $x_6 - x_8$ 为汽车的满载有、无留乘, 不满载无留乘车次数; $x_9 - x_{10}$ 为正、晚点车次数。

VARIABLES: $V_1 = PF2 + 6$ 是存到 PF2 站下车的乘客数的参数的参数号; $V_2 = x_2 + x_3 \times (PF5 + PF6)$ 为站上作业时间; $V_3 = PF2 + 2$ 为车离 PF2 站时的占用百分比表的表号; $V_4 = 2 + 2K + PF2$ 为在站 PF2 乘客留乘人数表号; $V_5 = C_1 - x_4, V_6 = C_1 - x_5$ 为 A_1, A_k 站的汽车晚点发车时间; $V_7 = E + V\$TTSE$ 为 A_k 站发车的车编号 (E 是 A_1 中存车数); $V_8 = 7 + 2K + PF2$ 为在站 PF2 上车的乘客的目的站的分布函数号; $V\$AAC$ 为车客量; $V\$TILI = (S * PF1 / V\$AAC) \times 100$ 为车离站时被占用的百分比; $V_9 = 6 + FN * V_8$ 为存将要各站的乘客数的参数的参数号。

FUNCTIONS: FN1, 自变量是区间号, 函数值是车在该区间运行时间的平均值; FN2—FN3, 自变量是当日时间, 函数值表示 A_1, A_k 站的发车时间间隔; FN4, 自变量是 RN_j 的 GPSS 函数; FN5, 理论的行车时刻表; FN6—FN7, 各站的始放客时间和全天工作

时间; $FN8-FN(7+x_1)$, 自变量是当日时间, 函数值为乘客到达时间间隔, 每站一个函数; $FN(x_1+7+PF2)$, 在PF2站上车的乘客到各目的站的分布函数, 自变量是随机数, 函数值为站号, 每站一个函数。

STATISTICAL TABLES: 1-2是 A_1, A_k 站车晚点时刻表; $3-2+x_1$ 是汽车离开站时占用百分比表; $3+x_1-2+2x_1$ 是各站留乘人数表。

综上所述可得到联运系统的GPSS动态数学模型(如图2所示)。图中括号内外的字符分别对应站 A_k, A_1 。

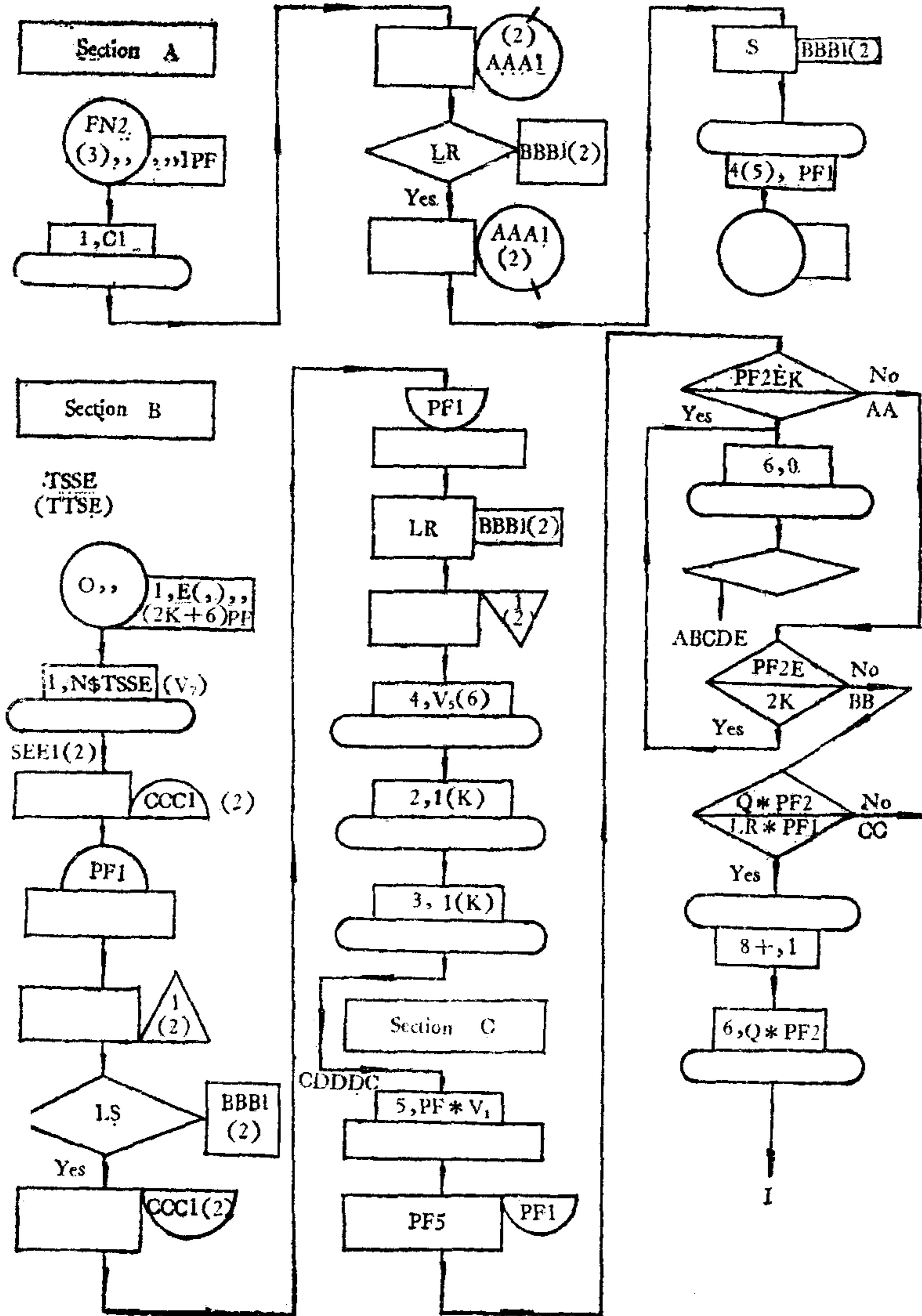


图2 联运系统的GPSS模型块图

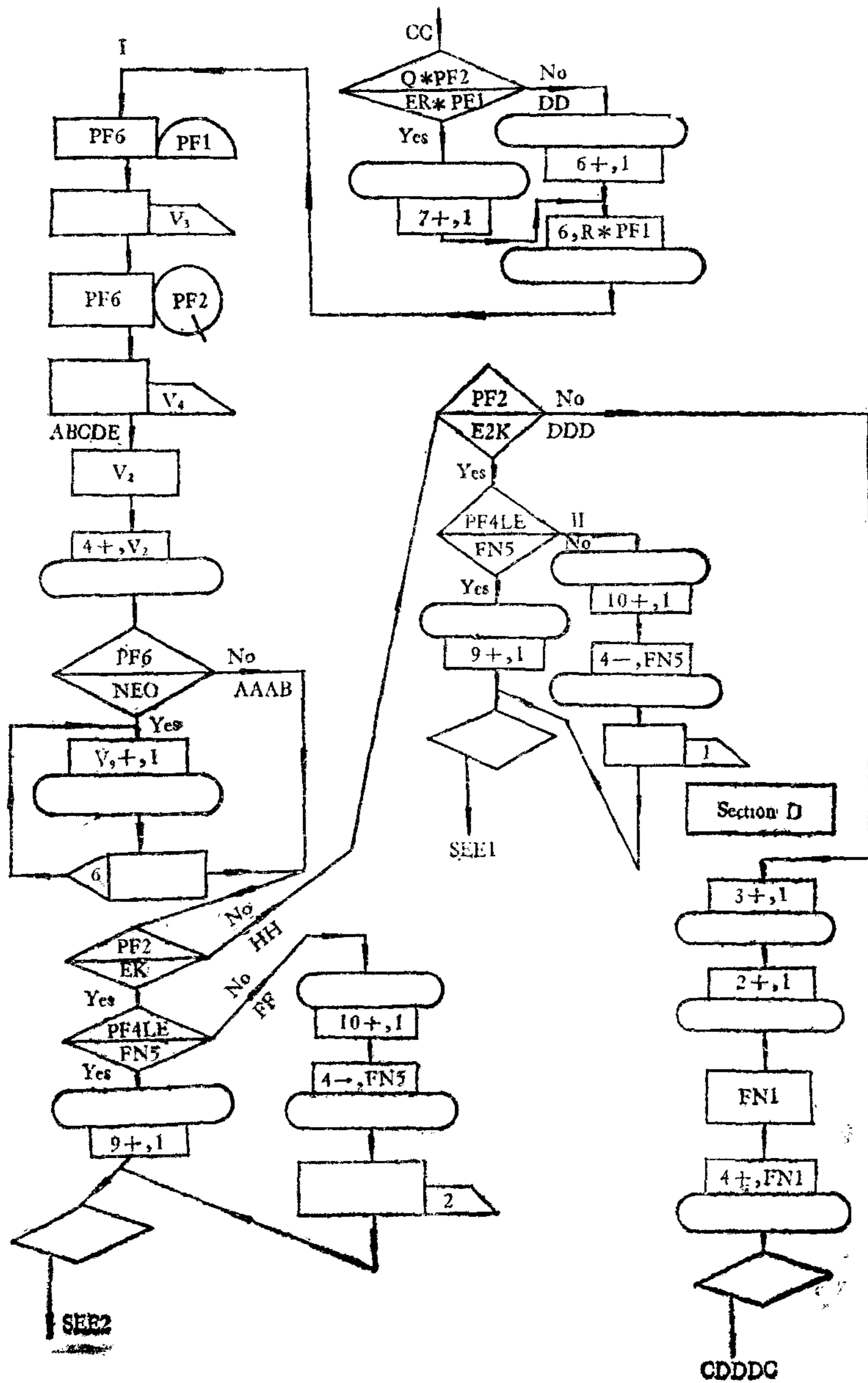


图2-1

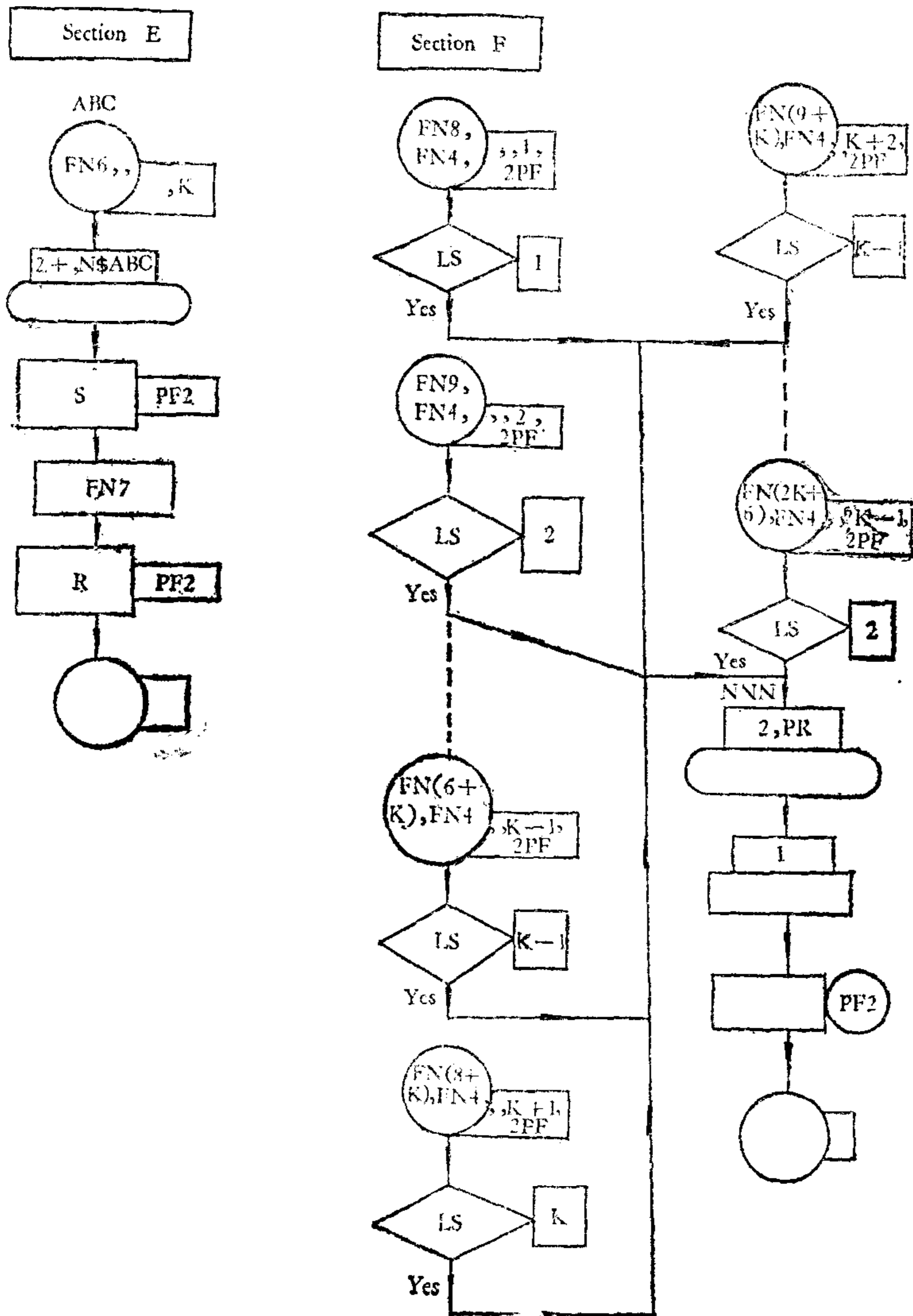


图2-2

三、某即将兴建的游览区的客流联运系统的 GPSS 动态数学模型

1. 模型的建立

计划在山上兴建一个游览区（如图3所示）。AB是盘山公路，C，D是游览区入口。B到C，D由索车通达。游客可乘A处的公共汽车到B，再换乘索车由B至C，游完后顺次到D，B，A返回。也可经A，B，D，C，B，A路线游览。本文所讨论的问题是：A，B停车场多大容量能满足旅游的需要；各总站应存多大容量的汽、索车多少辆；发车时间间隔多大才能使游客的平均候车时间不超过十分钟，而公司的收益又较高；车流要求AB盘山公路的宽度应为多宽等。

在A B 盘山公路上行驶的车，除公共汽车外，还有其它单位的游玩车、出租汽车等。称后者为优先车，它们可直接开到B 停车场，游人则改乘索车去览区游玩。

对于这样一个汽、索车联运系统的规划设计和组织管理问题，系统的要素是各站游客和优先车的到达分布、车辆的运行和游人在览区游玩的时间规律。现将该系统分成子系统1, 2, 3 (见图3)。通过对各子系统进行周密的分析，找到了它们之间的相似关系和时间上的后延关系。以此为基础，并参照联运系统通用的GPS S模型，便得到览区的GPS S模型。共分六节：发车信号控制节、车节、乘客节、优先车节、记时器节、打印节。它们由十六段组成：Section A (B) 子系统1 (2, 3) 发车信号控制段、Section C 子系统1 的汽车发生段、Section D (E) 子系统2 (3) 索车发生段、Section F (G, H) 子系统1 (2, 3) 站上作业段、Section I (J, K) 子系统1 (2, 3) 车的运行段、Section L 乘客发生控制段、Section M 各站乘客发生段、Section N 优先车发生段、Section O 记时器段、Section P 数值图表输出段。

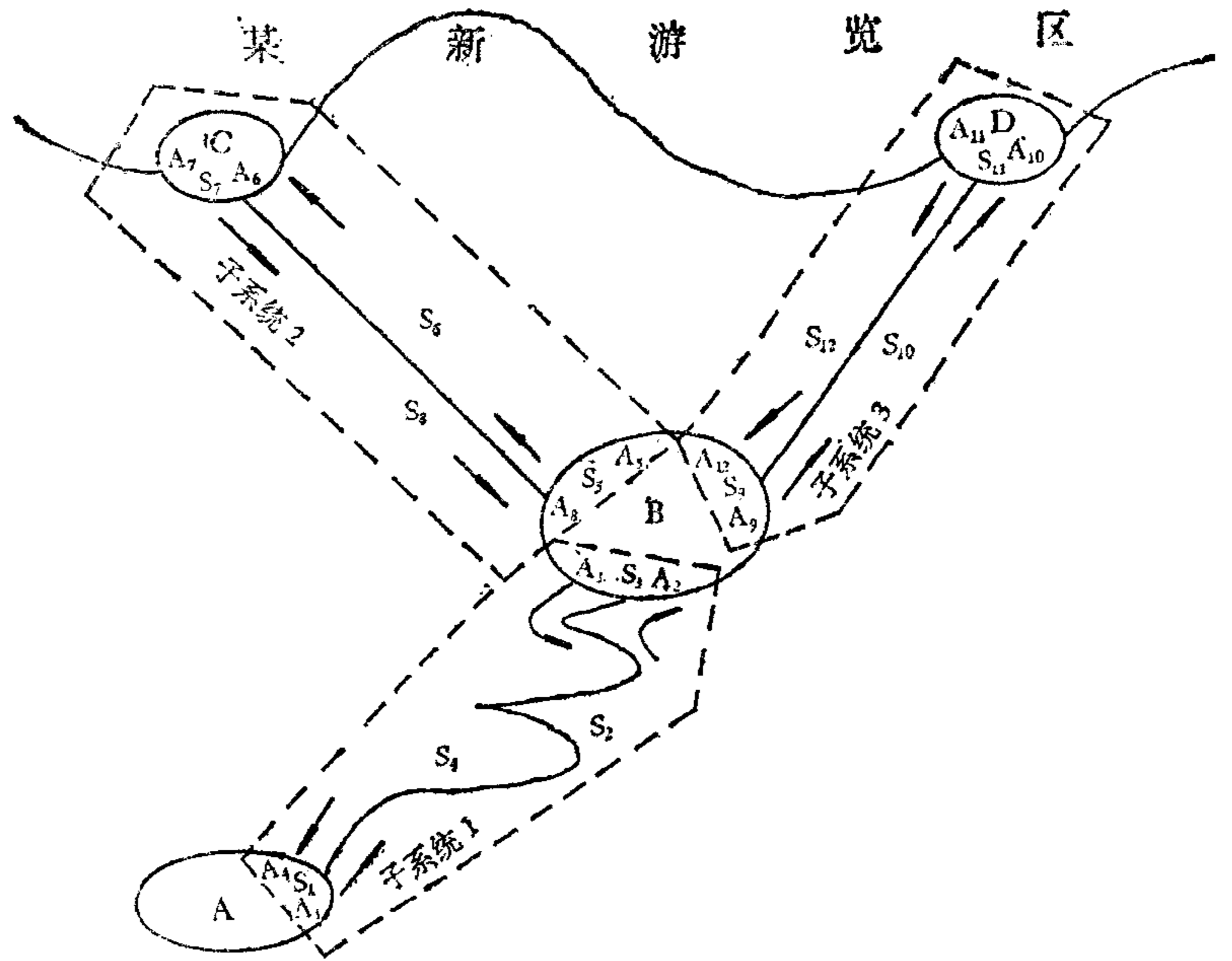


图3 计划兴建游览区示意图

基础，并参照联运系统通用的GPS S模型，便得到览区的GPS S模型。共分六节：发车信号控制节、车节、乘客节、优先车节、记时器节、打印节。它们由十六段组成：Section A (B) 子系统1 (2, 3) 发车信号控制段、Section C 子系统1 的汽车发生段、Section D (E) 子系统2 (3) 索车发生段、Section F (G, H) 子系统1 (2, 3) 站上作业段、Section I (J, K) 子系统1 (2, 3) 车的运行段、Section L 乘客发生控制段、Section M 各站乘客发生段、Section N 优先车发生段、Section O 记时器段、Section P 数值图表输出段。

2. 衡量系统总效益的数量标准

平均候车时间 $\eta_1 = \text{积累候车时间} / \text{候车人数}$;

留乘率 $\eta_2 = \text{有留乘的车次之和} / \text{发车总次数}$;

正点率 $\eta_3 = \text{车正点到达次数} / \text{发车总次数}$;

满载率 $\eta_4 = \text{车满载次数} / \text{发车总次数}$;

车离开站时占用百分比 $\eta_5 = \text{车离开站时车上乘客数} / \text{车容量} \times 100$;

车平均利用率 $\eta_6 = \text{车的积累使用时间} / (\text{车容量} \times \text{统计时间})$;

车有效百分比 $\eta_7 = (\text{统计时间} - \text{车积累失效时间}) / \text{统计时间} \times 100$;

车运行总公里 $\eta_8 = \text{车次数} \times \text{线路长度}$;

净收入百分比 $\eta_9 = (\text{车门票总收入} - \text{同期总成本}) / \text{本期车门票总收入}$ 。

根据上节所建立的模型，对其进行稳态试验，发现8小时（即发生576000次）后机器运行达到稳态。作者以8小时为一个仿真日对模型分三步进行方案试验，其结果列于表1, 2中。从中可以看出方案8是较优方案。

对节假日和普通日的车辆高峰时间，分别用方案8在M-150机上仿真8小时后，根据所得输出和我国公路工程技术标准，计算出A B 盘山公路应取2—3级，行车道宽6—7米才可满足旅游需要。这一结果与文献〔2〕一致。

表1 子系统1的第一步试验结果

类别	项目 结果 方案	一个仿真日 单方向总发车数 (车次)	使用总车数 (辆)	η_1 (分钟)	η_2	η_6	η_7
	部分时控	127	10	2.23	0.59	0.651	94.57
节假日	全时控	160	70	2.33	0.48	0.115	12.75
	部分时控	160	15	4.782	0.54	0.5785	78.3658

表2 子系统1的第二、三步试验结果

试验步骤	方案号	一个仿真日单 方向总发车数 (车次)	使用总车数 (辆)	η_1	η_2	η_4	η_6	η_7	η_9
2	120	12	1.01时	0.8	0.8	0.58	72.52	0.8705	
3	137	13	26.5分	0.77	0.77	0.56	72.12	0.8692	
4	160	15	4.78分	0.54	0.56	0.58	78.37	0.8608	
5	192	17	2.45分	0.23	0.23	0.46	77.18	0.8417	
6	240	21	1.89分	0.16	0.16	0.39	80.62	0.8138	
7	480	40	0.79分	0.02	0.03	0.02	84.81	0.6659	
第三步	8	160	12	6.28分	0.59	0.6	0.64	90.85	0.8626

结 束 语

根据本文给出的联运系统的GPSS动态数学模型,经上机运行,除得到GPSS标准输出外,还可得到衡量系统总效益的数量标准 η_1 — η_9 等输出。有了以上数据,即可研究整个系统的运载情况;规划车库、候车室的大小;道路的级别和宽度,以进行方案择优,为迅速有效地扩大业务提供切实可行的调度措施和运营方案。

参 考 文 献

- (1) Bobillier, P. A., Kahan, B. C., Probst, A. R., Simulation with GPSS and GPSS V, 1976 by Prentice-Hall, Inc.
- (2) 邱菀华、顾昌耀、王振烈, E_2/E_1 系统的近似解法, 北京航空学院学报, 1982年第四期。
- (3) Шрайбяр, Т. Дж, Моделирование На GPSS, Москва Машиностроение, 1980.
- (4) 丘玉甫编著, FORTRAN程序设计, 科学出版社, 1979.
- (5) G·戈登, 系统仿真, 冶金出版社, 1982。

GPSS SIMULATION FOR A COORDINATED TRANSPORTATION SYSTEM

Gu Changyao Wang Zhenlie Qiu Wanhua
(Beijing Institute of Aeronautics and astronautics)

Abstract

In this paper, a general dynamic mathematic model for coordinated transportation system constructed by using GPSS (General purpose Simulating System) language is Presented. A new sight-seeing center in development is an example of such a system, which consists of cars, buses and cable cars with mixed series-parallel connection. Gpss model is given for the system. The simulation results of fhe system provide a decision basis for planning and operating of the center.