

信息科学技术学术著作丛书

Petri网应用

袁崇义 著



科学出版社

信息科学技术学术著作丛书

Petri 网应用

袁崇义 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以帮助读者用好 Petri 网为目的,以实例深入浅出地介绍 Petri 网,包括(定性与定量的)静态结构、动态性质和分析方法等。作者将 30 余年来对 Petri 网理论的学习、研究和实践凝聚到本书中,删繁就简,希望 Petri 网理论能被读者接受。

本书可作为计算机科学及相关专业的本科生和研究生教材,适合各领域对 Petri 网感兴趣的科研人员、教师以及软件开发人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

Petri 网应用/袁崇义著. —北京:科学出版社,2013

(信息科学技术学术著作丛书)

ISBN 978-7-03-036637-5

I. P… II. 袁… III. 计算机网络-研究 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 020954 号

责任编辑:魏英杰 杨向萍/责任校对:包志虹

责任印制:赵 博/封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

三河市骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 2 月第 一 版 开本:B5 (720×1000)

2013 年 2 月第一次印刷 印张:14 3/4

字数:281 000

定价:50.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《信息科学技术学术著作丛书》序

21 世纪是信息科学技术发生深刻变革的时代，一场以网络科学、高性能计算和仿真、智能科学、计算思维为特征的信息科学革命正在兴起。信息科学技术正在逐步融入各个应用领域并与生物、纳米、认知等交织在一起，悄然改变着我们的生活方式。信息科学技术已经成为人类社会进步过程中发展最快、交叉渗透性最强、应用面最广的关键技术。

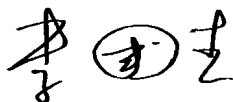
如何进一步推动我国信息科学技术的研究与发展；如何将信息技术发展的新理论、新方法与研究成果转化为社会发展的新动力；如何抓住信息技术深刻发展变革的机遇，提升我国自主创新和可持续发展的能力？这些问题的解答都离不开我国科技工作者和工程技术人员 的求索和艰辛付出。为这些科技工作者和工程技术人员提供一个良好的出版环境和平台，将这些科技成就迅速转化为智力成果，将对我国信息科学技术的发展起到重要的推动作用。

《信息科学技术学术著作丛书》是科学出版社在广泛征求专家意见的基础上，经过长期考察、反复论证之后组织出版的。这套丛书旨在传播网络科学和未来网络技术，微电子、光电子和量子信息技术，超级计算机、软件和信息存储技术，数据知识化和基于知识处理的未来信息服务业，低成本信息化和用信息技术提升传统产业，智能与认知科学、生物信息学、社会信息学等前沿交叉科学，信息科学基础理论，信息安全等几个未来信息科学技术重点发展领域的优秀科研成果。丛书力争起点高、内容新、导向性强，具有一定的原创性；体现出科学出版社“高层次、高质量、高水平”的特色和“严肃、严密、严格”的优良作风。

希望这套丛书的出版，能为我国信息科学技术的发展、创新和突破带来一些启迪和帮助。同时，欢迎广大读者提出好的建议，以促进和完善丛书的出版工作。

中国工程院院士

原中国科学院计算技术研究所所长



序

Status Report on Net Theory

Twenty-nine years ago, net theory of communication was initiated by my doctoral thesis entitled “Communication With Automata” . At the time of this writing, the plan which was described in that thesis is just carried out, the project approaches completion.

From its very start, net theory was based on physics; it was, in fact, a physical theory proposed in the language of computer science. Theoretical computer science, at the time, consisted of theories of automata and of formal languages (classes of symbol strings) . It was shown that the conceptual framework of computer science (of 1960) was not suitable to describe a physical system. One important item missing in computer science was the notion of concurrency, the symmetric relation between two distinct world-points (space-time points in the sense of relativity theory) which describes them as unconnected by a causal chain, separated in space, but not reachable from each other by a light signal because of the bounded velocity of light. It was exceedingly difficult to persuade scientists of 1960 that concurrency had anything to do with computer science, and that its non-transitivity which is so obvious in relativity was part of the very essence of signaling.

Today, every beginner knows at least of the practical importance of concurrency, for example in parallel processing. To make this basic concept of concurrency visible to the eye, I invented and later improved a graphical notation for combinatorial physical processes and systems, along with a game which could be played with little pieces, or “tokens”, which mirrored elementary physical symmetries in such a way that the playing of the game was a simulation of a physical process. Please keep in mind that the graphical notation and the rules of the game are not net theory, but only illustrate some theorems of net theory.

The ambitious plan of 1960 was, to formulate all “natural laws” which govern processes of communication in a language and conceptual framework which

included both physics and computer science. To this end, computer science was enriched by the notion of concurrency; today we know of a well-established duality theorem which asserts, among other things, that concurrency is the precise dual of choice (e. g. the choice of a program path by executing an if-statement) . Today, we also know that net theory can pay its debt to physics back; just as space and time can not be separated in a transformation of motion, in order to comply to Lorentz invariance, —so also space, time and statespace can not be separated in a transformation of process (the process associated with a particle is the history of its life, namely the history of the position it occupied in statespace and in space, together with the transitions from one position to another) .

In order to apply net theory with success, it is by no means necessary to study physics, or to remember the physical interpretation of net theory. Rather, a user of net theory can forget these and can just rely on the fact that every net which he can specify explicitly (draw on paper) can be connected by a short (≤ 4) chain of net morphisms to the physical real world; your net is, in a very precise sense, physically implementable. The 4 morphisms denote:

1. An injection. You don't want to describe the universe, but a (small) part of it. That part is — unlike the universe — not a system which is closed with respect to the flow of matter, energy and information.

2. A refinement. You don't want to describe your system in all physical details, the elementary physical interactions, but very much coarser (factors of 10^3 are typical for hardware).

3. A breaking of physical symmetries. You want to have a definite direction (from past to future) for the execution of processes, whereas the “perfect net” of the physical universe is time reversal-invariant.

4. An abstraction from what, in your purposeful activity, belongs together. You need a concept which ties, for example, the switching events or program steps which belong to the execution of a computer transaction or of a commercial transaction between people together to a pragmatic unit. These ties are not just physical ones; they are a necessity for your mind since you want to conceive of a large distributed physical (technical) process as a whole as something of which no physical part can be omitted without destroying the idea of a complete, or balanced, transaction.

Petri C A

March 23, 1989

前 言

在本书写作期间（2010年7月），Carl Adam Petri 去世了。我们的朋友和老师离开了我们，去了那个我们观察不到的世界。

Carl 曾不止一次说过：没有理论，（Petri）网没有存在的必要；不能应用，（Petri）网也没有存在的必要。这些话我早已写在书里，也多次强调。几十年的实践已经证实了 Petri 网不可替代的价值。

Carl 把他的思想和知识留给了我们。我希望尽自己的绵薄之力传播这些知识，使其发扬光大。眼下这本《Petri 网应用》以用好 Petri 网为目的，希望能为读者勾画出必要的知识框架。书中不突出技术和技巧。我认为，技术和技巧来源于对知识的见解，是会因人而异的。脸谱和套路只能培养演员，培养不出“腕儿”和“角儿”。

尊重自然规律是 Petri 网的出发点。认真的读者应细心体会 Petri 网概念和定义中体现自然规律的地方。体会不同，见解也就不同。有没有独到之处，就看自己了。仁者见仁，智者见智。这本身就是自然规律。

从内容来看，Petri 网由两部分组成：special net theory 和 general net theory。前者讲系统模型，后者讲由模型抽象出来的理论。前者讲个性（模型的结构、行为及分析方法），后者讲共性（所有模型共享的）。前者为“专用网论”，后者为通用网论。我一直将 special net theory 译为“特殊网论”，又一直感到不甚妥当。现在请国内的“网人”审查，看译为“专用网论”是否更合适。

专用网论其实涵盖一套以有向网为基本结构的模型。这些模型依其概念的抽象程度由低到高自成层次。它们是基本网系统、库所/变迁系统、高级网系统（谓词/变迁系统和有色网系统）及自控网系统。在这个层次结构上，上层的概念可由下层概念定义或引导出来，不同层次的模型适用于不同的应用领域或应用问题。

通用网论包括并发论、同步论、网逻辑、网拓扑及信息流网。这些内容在《Petri 网原理与应用》中有较详细的介绍，本书将依需要适当地引入。学计算机的人经常会遇到并发与同步的问题，但什么是并发和同步却不一定讲得清楚（你不妨试试）。人们常说 Petri 网适合描述异步并发系统，但 Petri 网里更多的是同步并发。理解和分析问题依赖于对基本概念的准确把握，不要误以为理论可有可无。

Carl 曾为我的第一本论述 Petri 网的书作序。序中涉及学术的部分都作为附录出现在我随后的两本书中。本书特将其放在最前面，以示纪念。我为《Petri 网原理》与《Petri 网原理与应用》写的前言一并收入本书，因为它们反映了写

作时的关注点。重读 Carl 写于 21 年前的序，我感到惶恐。与他的思想和计划相比，我这几本书都差得太远。此次删去 Carl 序言的译文，请读者读他的原文，以免被我肤浅的理解误导。

本书第一章是我所理解的能体现 Petri 网尊重自然规律特点的几个基本观点，也是实现 Carl 在序言中所说“every net can be connected by a short (≤ 4) chain of net morphisms to the physical world”的必要前提。不熟悉 Petri 网的读者可以先跳过这一章，但在熟悉以后还是应该读一读。

应该感谢的人很多。本书的出版得到了国家重点基础发展计划 (973) 项目 2010CB328103 的资助，同时得到了我的同事苏开乐和刘田两位老师的大力支持。清华大学王建民和王生原两位老师百忙中认真地审读了本书第二章手稿，给了我莫大的鼓励，提出了宝贵的建议和意见。我的同事赵文和黄雨两位老师在写作过程中热情地随时提供我所需要的一切帮助。沈晓明同学和张航同学分别是王建民老师和赵文老师的学生，他们完成了手稿文字和插图的录入工作。科学出版社魏英杰和余丁两位编辑热情的帮助使本书的出版成为可能，他们辛勤工作是本书出版质量的保证。在此一并表示感谢。

在此，还要感谢我从未提过的家人：已去世多年的父母和已去世多年的第一位妻子。对他们一直的思念使我淡定，促我努力。

我的家人（妻子、孩子、妹妹）数十年如一日支持我的工作。没有一个温暖的家提供安静而且和睦的环境，就不可能安心研究，与世无争，谢谢他们。

谢谢所有关心我支持我的同事和朋友，特别是“网人”朋友。感谢中国计算机学会 Petri 网专业委员会的同仁们。虽然我因为没交学会会员费而失去会员资格，不再是专业委员会委员，但是我会一如既往地关注委员会，愿意为委员会尽绵薄之力。

袁崇义

2011 年 9 月于北京大学

目 录

《信息科学技术学术著作丛书》序

序

前言

第一章 引子：基本观点	1
第二章 有向网与网系统	8
2.1 网模型的静与动	9
2.1.1 有向网：两类元素，两种关系	9
2.1.2 变迁规则：资源分布，容量	10
2.1.3 网系统：异步并发	12
2.1.4 局限：普适和效率	13
2.1.5 实例	14
2.2 形式定义	18
2.3 网系统层次	25
2.4 形式异化	29
第三章 网系统的性质和通用分析方法	31
3.1 动态性质	31
3.1.1 基本现象	31
3.1.2 动态性质——从实例入手	36
3.1.3 活性	38
3.1.4 公平性	43
3.1.5 有界性	44
3.2 分析方法	45
3.2.1 覆盖树和覆盖图	45
3.2.2 进程和进程块	49
3.3 结构性性质	51
3.3.1 不变量	52
3.3.2 语义不变量	54
3.3.3 其他结构性性质	54
3.3.4 结构分析	55

第四章 高级网系统	56
4.1 谓词/变迁系统	57
4.1.1 概念及定义	57
4.1.2 谓词/变迁系统之性质和分析方法	61
4.2 有色网系统	65
4.2.1 概述及定义	65
4.2.2 有色网性质及分析方法	70
4.3 自控网系统	71
4.3.1 概述及定义	72
4.3.2 自控网系统的性质与分析方法	74
4.3.3 自控网系统的不变量	76
第五章 电梯控制	78
5.1 一部电梯：变迁外延分析	79
5.1.1 着眼点：一个楼层	80
5.1.2 按钮	81
5.1.3 完整的楼层变迁	85
5.1.4 补遗拾漏	87
5.2 一部电梯组装：库所分析	89
5.2.1 单层楼组装：初装	89
5.2.2 库所局部	90
5.2.3 所有楼层组装：性质分析	91
5.3 N 部电梯组装	95
5.4 电梯系统的有色网表示	96
5.4.1 一部电梯的颜色	96
5.4.2 有色网上的四类有向弧	101
第六章 同步距离	106
6.1 什么是同步距离	106
6.2 同步距离定义及计算	108
6.3 同步距离应用	114
6.3.1 过程控制和系统规范	114
6.3.2 同步距离与公平	115
第七章 C_{net}	119
7.1 Petri 网在编程上能做什么	119
7.2 C _{net} 变迁	121

7.3 操作表达式	124
7.4 C_net 形式定义	127
7.5 读写冲突, 并发及系统性质	130
第八章 工作流	140
8.1 业务和业务管理	140
8.2 任务间的逻辑依赖	141
8.3 同步与同步器	143
8.4 工作流逻辑网	144
8.5 工作流逻辑的性质	149
8.6 畅通性证明: 化简规则	151
8.7 工作流语义	160
8.8 工作流管理	169
8.9 管理职责与规则	173
8.9.1 角色规则	174
8.9.2 跳规则	176
8.10 多案例处理与性能	178
8.11 工作流的定义	178
第九章 通用网论	180
9.1 网上的两种操作	180
9.2 网逻辑	181
9.2.1 事实	181
9.2.2 从命题到事实	182
9.2.3 用事实推理——作图法	183
9.2.4 事实向量和命题矩阵	186
9.2.5 矩阵推理——代数法	188
9.3 信息流网	190
9.3.1 信息和条件	190
9.3.2 箭头函数——守恒与可逆	192
9.3.3 P_1 和 Q 的网表示——如何实现箭头函数	196
9.3.4 一位噪声通道	198
9.4 网拓扑	199
9.4.1 无向网上的拓扑结构	200
9.4.2 有向网上的连续映射	201

9.5 并发	203
9.6 形式语用学	204
第十章 四季与八卦	205
10.1 八卦	205
10.2 四季	208
10.3 万有律试用	211
10.3.1 知识其实只是共识	211
10.3.2 源和洞	212
10.3.3 源洞合一： ψ	213
10.3.4 万有律中的自由	214
10.3.5 没有设计师的伟大建筑	215
10.4 拾遗：八卦与阴阳鱼	216
参考文献	218
附录	220
《Petri 网原理》一书前言（节选）	220
《Petri 网原理与应用》前言（节选）	222

第一章 引子：基本观点

Petri 网起源于 1962 年德国学者 Carl Adam Petri 的博士论文。目前的状况是：几乎所有信息科学相关的学术期刊及会议文集中都能见到涉及 Petri 网的论文；每年都有以 Petri 网理论和应用为主题的国际会议和专题会议；许多高校在讲授 Petri 网课程；每年都有 Petri 网学术著作问世。近半个世纪的发展足以证明 Petri 网的生命力。

Petri 网的魅力何在？

人们通常称赞 Petri 网描述异步并发的能力及其图形表示。Petri 网的这两个特点来源于其网状结构。网状结构产生偏序，使描述异步并发成为可能，图形表示更符合异步并发的实际。

但网状结构并非 Petri 网的出发点，而是它尊重自然规律的必然结果：大千世界正是由一张张有形的和无形的网构成，万事万物在这些网上变化着、依附着。Petri 网反映的正是这种事物间的依赖关系。Petri 网与物理学和化学等学科不同，它不直接描述自然规律本身，只描述由这种规律产生的依赖关系。

一个好的系统模型不能只存在于纸面上，活跃于论文中。它必须能够用来描述物理世界的客观存在，使客观存在成为论文的研究对象，同时还必须保证凡是用其描述的系统都能够转换为客观存在。前者称为系统模型的仿真性，后者即是系统模型的可实现性。

如果笼统地说，符合自然规律的模型就可以实现，不符合自然规律的模型就不能实现，不会有人反对。但这种大实话对实践没什么指导作用。本章给出的基本观点是与自然规律相关的若干具体而又被许多系统模型忽视的东西。正是这些东西构成了 Petri 网的物理基础，产生了 Petri 网的理论。如果没有称为通用网论（general net theory）的理论部分，Petri 网也就失去了存在的价值，因为 Petri 网无意在众多的系统模型中增加一个平凡的成员。

也许应该把可实现性列为 Petri 网关于系统模型的第一个基本观点。下面讨论的其他基本观点都是为可实现性服务的。

对可实现性的破坏往往来源于随意引入系统模型的各种控制手段。这些随意引入的手段来源于人的主观愿望。例如，计划经济、献礼项目及政绩工程都是主观愿望的“范例”，事与愿违则是它们共同的终点。Petri 网的基本观点正是来源于对这些随意控制手段的分析和扬弃之上。

作者水平有限，故而不可能对所有内容都给出完备而又准确的阐述。读者应

该有自己的见解，才能真正把 Petri 网变成自己的。

1. 全局控制流

早期的程序设计语言都是顺序语言，也就是说，全局控制流是程序语言的固有成分。语言中的全局控制流反映的是冯·诺依曼计算机的全局控制流。当时的应用问题几乎全是科学计算，即给定一组数据，计算出另一组数据作为其结果。只要最终结果与初始数据有符合要求的对应关系，计算即为正确，中间的计算过程是无关正确性的。这一切协调地共存，也符合数学家及需要数值计算的科学家的思维方式。

但是，并行机问世了，计算机网络问世了，管理型的应用问题在计算机应用中所占比例越来越大。在并行环境中已经不存在全局控制流，管理型应用不仅关心终态（也许根本不存在终态，如操作系统），而且更加关心过程。全序化的管理过程显然不符合应用的要求（如数据库管理）。全局控制流不应该继续成为系统模型固有的成分。

Petri 网没有全局控制流，没有中央控制。Petri 网只描述事物之间的依赖关系，包括因果关系，包括客观存在于物理系统中的控制机制（如交通控制），但 Petri 网中除变迁发生引起托肯（token）流动的规则外，没有任何形式的控制。

全局控制流的概念仍然极大地束缚着程序员的思维，迫使他们把操作排序放在第一位。例如，幼儿园的儿童在排队时绝对不会像程序员们习惯的起泡法那样顺序操作，即“排头兵”逐一与队中成员比较，成员高于自己时与之交换，由高者继续比下去，直到排尾，从而最高者站在队尾；然后再从排头兵开始重复这一过程直到队尾前一名成为次高者，……可不可以这样说，从来就没有控制流这一固有成分的 Petri 网使其应用者可以像幼儿园的儿童那样自由地思维，而不陷入全盘顺序化的定势。

2. 全局状态

“全国一盘棋”是对用全局状态实现控制的很准确的描述。有限自动机则是借助全局状态控制系统变化的模型。

听起来全国一盘棋显然比各自为政好。但问题是，对于稍微大一点的系统，其全局状态往往不是实时可知的。没有谁知道互联网上现在的全局状态。不要说网上的状态瞬息万变，就是把互联网“冻结”在某一瞬间，恐怕也没有人能弄明白它在那一瞬的状态。其实，各自为政是客观存在，自然界如此，互联网如此，各级政府也是如此。自然界有自然界的规律，各自为政自然是良性的。互联网上没有大家都遵守的规矩，各自为政的个体（程序系统）又有先天的不足（各种 bug），所以黑客不断，问题多多。各级政府应该受法律法规的约束，可惜法律

法规不完善，一些官员又不遵守，各自为政也就多有弊端。

全局状态实现控制不仅是不可能的，而且还不能完整地描述系统变化。有限自动机用全局状态描述变化：变化发生前的状态及终止时的状态。但是这两个状态的差异并不能正确反映变化的全貌。例如，化学反应中的催化剂，在反应前后的量没有变化，却是反应中不可缺少的。

Petri 网承认系统全局状态的存在，也认识到全局状态的不可实时认知性，因而依自然界各自为政的方式描述系统中的变化。Petri 网的变迁规则用局部确定的方式明确指出变化发生的局部条件，包括催化剂的存在，也明确指出变化引起的局部变化。局部确定是大自然的客观规律。

3. 全局时间

“向国庆十周年献礼”是用全局时间进行控制的“范例”。其实，时间并不具有确保进度的功能，不少献礼项目最终成为“豆腐渣工程”即是证明。时间控制并不总是可实现的。

如果用年、月、日计时，那么世界大多数国家通用的公历可以看成是世界全局时间，因为大家对年、月、日有统一的认识和度量（包括时差），也能容忍以小时计的误差。

如果用时、分、秒度量，全局时间就很难实现了。列车时刻表虽然只计时和分，但已经很难实现。人们接受列车时刻表，因为他们不在乎几分钟的误差。长时间晚点或者取消车次也只能无奈地接受，因为这是用时间表实现同步必须付出的代价。

全局时间的不可实现有两层含义，即不存在一个全局共享的时钟，也不能用时钟控制实现同步。

系统模型中往往用实数作为全局时间，从而时间具有连续、稠密、全序及均匀的性质。且不说“天上方一日，世上已千年”的神话及相对论关于时间和速度的关系，这些都表明时间不是均匀的，谁又能造一台以实数计时的钟呢？

以实数为时间模型自然有其优越之处，特别是从理论上研究物理量的变化，可以借助微积分得到漂亮的公式。但是，这种模型不能直接用于计算机系统，于是产生了各种用于数值计算的算法。对于管理型的应用问题来说，实数时间既不可能实现，也不实用，而且会产生理论上的误导。如果采用实数时间，那么必定可将一切变化映射到时间轴上，从而任意的两种变化要么同时，要么有先后，于是并发就成了同时的同义语。同时是有传递性的，即 a 与 b 同时， b 与 c 同时，则必有 a 与 c 同时。于是作为同义语的并发也有了传递性。可是客观存在的并发并没有传递性。例如，你可以边唱边跳，也可以边说边跳，却不能边唱边说。因为说和唱共同使用一张嘴，只能交替发生。Petri 给出的并发公理准确地刻画了

并发的性质。

物理世界发生的事情并非不同时即可分出先后。许多事情既不同时，又分不出先后，因为断言同时或有先后必借助参照物，而参照物并不一定存在。时间是什么？时间是对变化的度量。没有日月星辰的转动也就没有年、月、日，没有时钟，也就没有生活中的时、分、秒。Petri 网里没有全局时间，只有变化及变化间的依赖关系。依赖关系产生先后次序。如果需要计时，那么时钟可以作为一种资源出现在 Petri 网里。时钟的读数即为共享此钟范围内的局部时间。只有在 Petri 网系统足够小，可以共享同一物理时钟时，该时钟的读数才成为该系统的全局时间。Petri 网尊重物理时钟有误差，并需要维护的特征。

很容易在系统模型中引入全局逻辑时钟。除非系统很小，否则很难在现实中实现这样的逻辑时钟（逻辑时钟统管全局，而且没有误差，不需要维护）。Petri 网不采用这种时间模式。

4. 概率

概率给出的是统计规律，即在大量重复实验中呈现出来的规律。例如，暗箱中有黑球 10 个，白球 5 个，抓出一个白球的概率是 $1/3$ 。这里，判断球是黑是白的“尺子”是确定的，即认定球是黑是白不依赖于观察。抓球的动作要么还没有发生，要么球的黑白还未知。这时可以用所抓为白球的概率是 $1/3$ 来描述其规律，即如果这一动作重复 30 000 次，大约 10 000 次为白球这一规律。

对于已经发生的事情不能讨论其概率（已经确确实实发生了），也不能用概率预测未发生的事。例如，天气预报说明天的降水概率是 60%，所预报的并非明天下不下雨。它说的是，如果有 10 000 个明天这样的天气，其中大约有 6000 天会下雨，所以明天无论下不下雨，预报都对。可见，所谓更科学的天气预报其实是以不预报换取了预报准确的结论。这种“更科学”的预报已叫停。

初期的计算机专家系统，主要是医疗专家系统，均以概率为基础进行推理。对病人的症状按可能的疾病计算其概率，以概率大者为诊断结论，并对症下药。这样的专家系统，误诊是难免的。如果开发这种专家系统的人认识到，这类系统因借助概率推理而存在固有的先天不足，那么作为一种没有办法的办法，用概率推理也不失为一种办法。可惜的是，不少人不仅认识不到或拒不承认这种不足之处，反而以“某某权威”的名义宣传他们的系统。其实，“神医”之所以为神医，就在于神医从不可能中看到可能，即不受推理规则的约束，从所谓小概率事件中看到必然性。专家系统充其量只能达到医学院本科的水平。

Petri 网拒绝专家系统式的用概率预测下一事件。有一种网系统叫做随机 Petri 网（stochastic Petri nets）系统，它借助变迁的发生概率和马尔可夫链来评估系统性能。性能是一种统计性质，不是指某次运行会怎样，而是计算在重复运

行中呈现出来的规律。因而从概念上来说，没有任何问题。从理论上探讨各种评估算法的复杂性，甚至开发出计算机工具完成计算也已经成为现实。但是从实用性及可实现性的角度来看，由于变迁的发生概率无法得到准确值，以这些值为基础进行评估也就缺乏可信度。本书不介绍随机 Petri 网，理由有两条：首先，随机网中的 Petri 网并无特殊之处，不需要特别介绍；其次，用 Petri 网为系统建模无助于获知变迁的发生概率，因而随机网的介绍局限在统计方法和算法探讨上，与本书内容不甚相符。作者绝不反对大家用随机网研究系统性能，只是反对夸大其作用，给出类似手机无误差为 99.99% 的结论。

5. 度量

现在的“尺子”有两种，即精确的和模糊的。量身高、称体重，通常用精确的尺子，即有明确刻度的“尺子”。这种明确的刻度使得度量结果有可能不唯一，即依赖观察。不同的观察者会有不同的结果，同一观察者两次观察也可能给出不同的结果。特别是在利害相关的时候，例如作为录用标准的身高，观察者的立场有可能使观察结果带有主观性。

有时无法给出准确的“刻度”，例如有几根头发算“秃顶”？

怎样避免刻度带来的主观性？怎样度量无法给出刻度的量呢？有人提出了模糊数学，用模糊度来代替刻度，即用模糊的“尺子”来度量已知的或已发生的事件。例如，用“大个子、中等个子和小个子”来量人的身高，这尺子就是模糊的：大个子和中等个子之间，中等个子和小个子之间均没有明确的分界。同样，已经下过的雨是暴雨、大雨、中雨还是小雨？相邻两个“量”之间也没有明确的“刻度”。

怎样用模糊的“尺子”度量呢？例如，身高 1.75m 的人算大个子还是中等个子？如果是在荷兰，肯定算小个子。对当今的中国人来说，是大个子的度量也许是 0.3，是中等个子的度量也许是 0.5。这个 0.3 和 0.5 叫做模糊度。有时很难让所有人认可同样的模糊度（又回到确定性刻度的主观性），于是又有人提出了模糊度的可信度。模糊度量并没有从根本上避免刻度引起的主观性。在工农业实践中存在着比它更好的“尺子”。

自行车厂用来测量钢珠是否“圆”的办法是将钢珠置于平台上，然后让它们沿着斜坡自然滚落地上。圆钢珠碰地弹起后会落在一定距离之外。工人在一定距离上预设若干容器，就用容器的编号作为对钢珠圆度的第一次测量。例如，落入 n 号容器的为合格。对于 $n-1$ 和 $n+1$ 号容器的钢珠还要进行第二次度量，如果第二次能落入 n 号容器，也为合格。所以钢珠的圆度度量用两个数给出： (i, j) 。当 $(i, j) = (n, n), (n-1, n), (n+1, n)$ 时为合格，其中 (n, n) 为第一次度量即为 n 者。