หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

1. ศิวะ แสงมณี, "การบริหารงานโครงการทางหลวงท้องถิ่น", บทความจากการสัมมนาเรื่องถนนราคาถูกในชนบท, 16-17 กุมภาพันธ์ 2521 ณ โรงแรมอินทรา กรุงเทพมหานคร จัดดำเนินการโดยสมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย

2. W.J.K. Haslam; "Rural Highway & Feeder Road Engineering"; Australian Consultancy Services Seminars and Display; Dusit Thani Hotel; 18-20 April 1978.

3. สมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย, "การสัมมนาเรื่องถนนราคาถูกในชนบท", 16-17 กุมภาพันธ์ 2521 ณ โรงแรมอินทรา กรุงเทพมหานคร.

4. เฉลียว วัชรพุกก์, "งานทางหลวงและนโยบายทางหลวง", บทความจากการสัมมนาเรื่องถนนราคาถูกในชนบท, 16-17 กุมภาพันธ์ 2521 ณ โรงแรมอินทรา กรุงเทพมหานคร จัดดำเนินการโดยสมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย

5. นิพนธ์ รณะนันทน์, "แนวความคิดในการสร้างถนนราคาถูก", บทความจากการสัมมนาเรื่องถนนราคาถูกในชนบท, 16-17 กุมภาพันธ์ 2521 ณ โรงแรมอินทรา กรุงเทพมหานคร จัดดำเนินการโดยสมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย

6. อนุกรรมการวางแผนพัฒนาจังหวัดสุราษฎร์ธานี, "แผนพัฒนาจังหวัดสุราษฎร์ธานี พ.ศ. 2520 - 2524

7. Peter C. Fishburn; "Methods of Estimating Additive Utilities"; Management Science; Vol.13, No.7 March, 1967; Printed in U.S.A.

8. The World Bank; "Thailand : Review of Rural Road Programming"; January 1977.

9. ยุวัฒน์ วุฒิเมธี, "ทางชนบทในทรรศนะ และความต้องการของชาวชนบท", บทความจากการสัมมนา เรื่องถนนราคาถูกในชนบท, 16-17 กุมภาพันธ์ 2521 ณ โรงแรมอินทรา กรุงเทพมหานคร จัดดำเนินการโดยสมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย

10. Phiu-nual K; "Community Goals and The Planning Process"; Unpublished lecture; Chulalongkorn University; November 1977

11. Highway Research Board; "Transportation and Community Values"; Special Report 105; Highway Research Board, National Academy of Sciences; March, 1969.

12. Schimpeler, Charles C. , "A Decision-Theoretic Approach to Weighting Community Development Criteria and Evaluating Alternative Plans"; Purdue University, Ph.D. Thesis, August, 1967

13. Boulding, Kenneth E., "The Formation of Values as a Process in Human Learning", Transportation and Community Values; Highway Research Board, 1969, PP. 31-45.

14. Thomas E. Wester and Dennis W. Weeter, "Environmental Assessment Utility Route Location"; Transportation Engineering Journal; Vol.103, No.TE 3; May 1977.

15. Thabot Zakaria; "Analysis of Urban Transportation Criteria"; Transportation Engineering Journal of ASCE; Vol.101 No.TE 3. AUG. 1975.

16. Patterson, T. William; Purdue University, Unpublished lecture, November, 1971

17. Aguar, Charles E. , "The Use of Surveys in Planning", Planning 1965, American Society of Planning Officials, 1965, pp. 106 - 111.

18. องค์การบริหารส่วนจังหวัด และสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท กระทรวงมหาดไทย, "โครงข่ายถนนมาตรฐาน จังหวัดสุราษฎร์ธานี", มีนาคม 2518.

19. กรมทางหลวงแผ่นดิน, "หลักการและวิธีการในการประเมินผลหลังจากการก่อสร้าง Productivity ad Programms".

20. คณะเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, "ปัญหาการขนส่งผลิตผลการเกษตรทางถนน", จดหมายเหตุสมาคมทางหลวง, ปีที่ 5 ฉบับที่ 9 พฤศจิกายน 2520

21. ดร.เสนาะ อูนากูล, "สรุปผลการสัมมนา เรื่องบทบาทการเกษตรในการพัฒนาภาคใต้" สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ จัดขึ้นที่หาดใหญ่ สงขลา 8-12 กรกฎาคม 2517.

22. สนั่น ศรีรุ่งโรจน์, กิติพล อัศภาภรณ์, "การวางแผนก่อสร้างถนนราคาถูกในชนบท" บทความจากการสัมมนาเรื่องถนนราคาถูกในชนบท, 16-17 กุมภาพันธ์ 2521 ณ โรงแรมอินทรา กรุงเทพมหานคร จัดดำเนินการโดยสมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย.

23. ประจิต จิรัปปภา, "การสร้างถนนในชนบท", บทความจากการสัมมนาเรื่องถนนราคาถูกในชนบท, 16-17 กุมภาพันธ์ 2521 ณ โรงแรมอินทรา กรุงเทพมหานคร จัดดำเนินการโดยสมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย

24. สมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย, "การก่อสร้างทางหลวงชนบท", 1 มีนาคม 2519.

25. Department of Highways Ministry of Communications Thailand; "Economic Analysis of Proposed Improvements to The Route; THOEN-PHICHAI"; Planning Division, Bangkok; June 1974

26. Highway Research Board; "Statewide Transportation Planning: Needs and Requirements"; National Cooperative Highway Research Program 15 ; 1972

27. E.Wilson Campbell; "Social and Economic Factors in Highway Location"; Journal of the Highway Division; Proceeding of the American Society of Civil Engineers; HW 2, October, 1966

28. Manheim, M.L., and Suhrbier, J.H., "Community Values: A Strategy for Project Planning"; Highway Research Record 380 ; 1972.

29. Highway Research Board; "Community Participation and Community Values"; National Academy of Sciences-Highway Research Board; Highway Research Record 380, 1972.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

MANAGEMENT SCIENCE
Vol. 13, No. 7, March, 1967
Printed in U.S.A.

METHODS OF ESTIMATING ADDITIVE UTILITIES*

PETER C. FISHBURN

Research Analysis Corporation

Additive utility formulations for risky and nonrisky multiple-factor decision situations are reviewed. Twenty-four methods of estimating additive utilities are listed and classified. References to the theory and technique of each method are given along with a short discussion of each. A number of examples are used to illustrate the methods.

1. Introduction

Many decisions are based on a number of factors that affect the situation at hand. A major concern in such multiple-factor situations is the evaluation problem: how to obtain comparisons of the utilities of decision alternatives when each utility must take into account the contributions of many relevant factors. Additive utility theories offer one possible approach to this problem through the assumption that, roughly speaking, the utility of a whole equals the sum of utilities assigned to its parts. For example, in the simplest cost-effectiveness setting, the additive utility model is: total utility (cost c, effectiveness e) = utility$_1$(cost c) + utility$_2$(effectiveness e), for all c and e. In the additive context we may first estimate the utility functions for the several factors (utility$_1$ and utility$_2$ in the example) and then compute total utilities using the additive model.

The main purpose of this paper is to review a number of methods of estimating additive utilities for an individual evaluator. A scheme for classifying the methods is presented. The methods and their classification are listed in Table 1. Section 3 explains the classification and other features of the table, and Section 4 reviews the estimation methods. The next Section reviews the additive utility model.

2. Factors and Additive Utilities

The simplest cost-effectiveness setting has two factors, cost and effectiveness. Poise, bathing-suit presence, and talent could be three factors in a beauty-contest evaluation. Eighteen tank performance factors were used in evaluating proposed tank designs [21, 22]. Without trying to be too precise, we define a factor as a set of at least two elements expressing different levels of some underlying dimension. Other terms used to denote factors are variables, attributes, objectives, performance characteristics, parameters, and criteria.

Factors differ from one another in several ways. The levels of some are expressed numerically (dollars, miles per hour, percent increase), whereas others need not be, such as the two-level factor {win, lose} and the four-level location factor {Florida, Texas, Alaska, Maine}. These two factors are examples of *discrete factors*, the term used here for factors with a finite (often small) number of levels. A factor whose levels are thought of as comprising a continuum is called a *continuous factor*. These designations, though not exhaustive, will suffice

* Received July 1965 and revised November 1966.

for our purposes. Depending on the point of view taken, some factors may be treated either as discrete or continuous.

The general situation has n factors of interest, $n \geqq 2$. The Cartesian product of the n factors will be denoted by X. Thus, X is the set of all vectors $(x_1, x_2, \cdots, x_n)$ where x_i is a level of the i^{th} factor, $i = 1, 2, \cdots, n$. Elements in X are variously called alternatives, allocations, systems, consequences, commodity bundles, multidimensional outcomes, and so forth.

Additive Utilities

Letting $\preccurlyeq$ ("is not preferred to") denote the individual's preference-indifference relation on X, the additive utility model for X is: if $x = (x_1, x_2, \cdots, x_n)$ and y are any two elements in X, then

(1) $x \preccurlyeq y$ if and only if $u(x) \leqq u(y)$,

(2) $u(x_1, x_2, \cdots, x_n) = u_1(x_1) + u_2(x_2) + \cdots + u_n(x_n)$ for all x in X

where u is a numerical utility function on X and u_i is a numerical utility function for the i^{th} factor, $i = 1, 2, \cdots, n$. Assumptions about $\preccurlyeq$ and X that imply (1) and (2) are given by Debreu [18], Luce and Tukey [40], Luce [37], Krantz [36], Scott [49], and Tversky [62] and [63]. A summary of these theories is given in [28].

When additive utilities are of interest in the context of von Neumann-Morgenstern expected-utility theory [64], $\preccurlyeq$ is applied to the set $\mathcal{P}$ of simple probability distributions on X. With P and Q any two distributions in $\mathcal{P}$, the expected-utility theory implies that there is a numerical utility function on $\mathcal{P}$ such that

(3) $P \preccurlyeq Q$ if and only if $u(P) \leqq u(Q)$,

and if $P(x) + P(y) + \cdots + P(z) = 1$, where $x, y, \cdots, z$ are elements in X, then

(4) $u(P) = P(x)u(x) + P(y)u(y) + \cdots + P(z)u(z)$,

where $u(x) = u(Q)$ when $Q(x) = 1$. Fishburn [24] presents an assumption that yields (2) in the context of (3) and (4); this is also summarized in [28].

The additive equation (2) expresses the notion that the factors are valuewise independent or that the utility of the whole equals the sum of utilities of its parts. This is not to be taken lightly, for it is easy to compose examples where it is clearly fallacious. One requirement for (2) to be valid is that the evaluator be able to make consistent value judgments about the levels of any one factor when the levels of all other factors are held fixed, and his judgments must not depend on the particular fixed levels of the other factors. Thus, with $n = 2$, if he prefers (x_1, x_2) to (y_1, x_2), (2) requires that he prefer (x_1, y_2) to (y_1, y_2) for any y_2. Other tests for additivity may be constructed. Several of these are presented in [3], [40, Fig. 1], [24], [25], and [27].

Permissible Transformations for Additive Utilities

Consider additivity (2) in the probabilistic context of (3) and (4). If u and the

u_i satisfy (2), (3), and (4) and if $a, b_1, b_2, \cdots, b_n$ are any numbers with $a > 0$, then the utility functions may undergo the following linear transformations

$$u(P) \to au(P) + (b_1 + b_2 + \cdots + b_n) \quad \text{for all } P \text{ in } \mathcal{P} \tag{5}$$

$$u_i(x_i) \to au_i(x_i) + b_i \quad \text{for all } x_i \text{ in the } i^{\text{th}} \text{ factor}, \quad i = 1, 2, \cdots, n \tag{6}$$

and (2), (3), and (4) will remain valid when the right-hand expressions in (5) and (6) are substituted into (2), (3), and (4) in place of the left-hand expressions in (5) and (6). No other transformations will preserve the validity of (2), (3), and (4).

In the nonprobabilistic context of (1) and (2), the u_i may be transformed according to (6) with u on X transformed as

$$u(x) \to au(x) + (b_1 + b_2 + \cdots + b_n) \quad \text{for all } x \text{ in } X \tag{7}$$

and (1) and (2) will remain valid after the transformations. Loosely speaking, if all factors are continuous, then no other transformations will preserve the validity of (1) and (2). However, if some factors are discrete, there may be transformations other than (6) and (7) that preserve (1) and (2). The references listed in connection with (1) and (2) are more precise about permissible transformations.

Because of (6), we can specify an origin for each factor utility function u_i in any way we please when estimating these functions. It is often convenient to set u_i (least preferred level of factor i) $= 0$. Regardless of how origins are set, we must be careful to align the scales of the u_i so that they are consistent with (2). The methods discussed below that involve two or more factors at a time (Methods 9 through 24) provide automatic alignment of scales for the u_i involved.

An Alternate Additivity Equation

In some situations it is convenient to work with the following variant of (2)

$$u(x_1, x_2, \cdots, x_n) = v_1w_1(x_1) + v_2w_2(x_2) + \cdots + v_nw_n(x_n) \tag{2*}$$

where v_i is a positive constant for each i and w_i is a numerical function on the i^{th} factor. This is the same as (2) with

$$u_i(x_i) = v_iw_i(x_i) \quad \text{for all } x_i \text{ in the } i^{\text{th}} \text{ factor}, \quad i = 1, 2, \cdots, n. \tag{8}$$

In (2*), w_i may be viewed as a faithful representative of u_i except for its scale unit. Because of this we can set the origin and the scale unit of each w_i in any way we please. For example, each w_i may be estimated by one of the methods in Group I of Table 1 on the basis of a scale range from 0 to 10, with $0 \leqq w_i(x_i) \leqq 10$ in every case. The v_i in (2*) are scale-transformation parameters that compress or stretch the scales of the w_i as in (8) so that the resultant scales are consistent with (2). If the w_i all have the same scale range, the scale-transformation parameters may be estimated by one of the methods in Group II of Table 1. Various names for the v_i include factor weights, relative weights,

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TABLE 1

Some Methods of Estimating Additive Utilities

Group	Method	Classification $a/b/c/d$	Theory	Measurement
I	1. Ranking	$N/\prec(\prec)/1/D$	7, pp 31–32; 14; 16; 39; 43, p 27; 56	2, pp 184–189; 12; 23, Sec 4.2; 61
	2. Direct Rating	$N/=/1/E$	7, pp 31–32; 16; 39, p 105; 43, p 27; 44; 55	12; 61, Ch 4
	3. Standard Gamble 1	$P/\sim/1/E$	14; 29; 33; 38; 39; 42; 46; 47; 64	2, pp 83–85; 23, pp 124–125; 38, p 30; 41; 46; 48, pp 39–40
	4. Standard Gamble 2	$P/\sim/1/C$	29; 33; 39; 46; 47; 64	"
	5. Direct Midpoint (Bisection)	$N/=/1/C$	7, pp 31–32; 39, p 105; 43, p 27; 44; 55; 56	12, p 26; 61, Chs 5, 6
	6. Probabilistic Midpoint	$P_{\frac{1}{2}}/\sim/1/C$	15; 17; 18; 44; 55	15
	7. Direct Ordered Metric (1)	$N/\prec/1/D$	39; 49; 62	4; 5; 6; 10; 11; 12; 13; 20; 23, pp 115–116; 34; 39; 57; 61, Ch 6
	8. Prob. Ordered Metric (1)	$P_{\frac{1}{2}}/\prec/1/D$	15; 49; 62	15; 23, pp 116–120; 50
II	9. Ranking	$N/\prec(\prec)/2/B$	35; 49; 62	8; 19; 23, Sec 10.7
	10. Direct Rating	$N/=/2, 1/B$	35; 49; 62	8; 9, Ch 6; 19
	11. Probabilistic Rating	$P/\sim/2/B$	24	2, pp 91–93
	12. Successive Comparison (9)	$N/\prec(\prec)/2\cdots n/B$	35; 49; 62	1; 2, pp 87–91; 8; 9, Ch 6; 19; 23, Sec 11.8, pp 355–362; 32; 45; 54; 60
	13. Half-Value Sum (9)	$N/\sim(=)/3/B$	35; 49; 62	31; 51
	14. Direct Ordered Metric (9)	$N/\prec/3, 4/B$	35; 49; 62	23, Sec 10.10
	15. Ordered Metric (9)	$N/\prec, \prec/3, 4/B$	35; 49; 62	23, Sec 10.10
	16. Prob. Ordered Metric (9)	$P_{\frac{1}{2}}/\prec/3, 4/B$	24; 35; 49; 62	23, Sec 10.10
III	17. Single Trade-Off	$N/\sim(=)/2/C$	17; 18; 24; 25; 36; 37; 40; 63	21; 22; 25; 26; 58
	18. Double Trade-Off	$N/\sim(=)/2/C$	17; 18; 24; 25; 36; 37; 40; 63	25; 26; 40
	19. Single Transformation	$N/\sim(=)/2/C$	17; 18; 24; 25; 36; 37; 40; 63	25; 26
	20. Double Transformation	$N/\sim(=)/2/C$	17; 18; 24; 25; 36; 37; 40; 63	25; 26

TABLE 1 (*continued*)

Group	Method	Classification $a/b/c/d$	Theory	Measurement
IV	21. Discrete Trade-Off	$N/\sim(=)/2/DC$	24; 63	26
	22. Discrete Transformation	$N/\sim(=)/2/DC$	24; 63	26
	23. Discrete Adjacency (1)	$N/\sim(=)/2/DC$	24; 63	26
V	24. Saw-Tooth	$N/\sim(=)/2/CE$	17; 28; 24; 25; 36; 37; 40; 63	26

degrees of importance, relative utility ranges, degrees of difficulty (diving competition), and so forth.

The Special Case of Binary Factors

A special form of (2) or (2*) results when each factor is a binary factor (with two levels). Let $x_i = 0$ denote the less desirable level and $x_i = 1$ denote the more desirable level of factor i. Then, on setting $u_i(0) = 0$ and $u_i(1) = v_i$ for each i in (2), or on setting $w_i(0) = 0$ and $w_i(1) = 1$ for each i in (2*), we obtain

$$(2^{**}) \qquad u(x_1, x_2, \cdots, x_n) = x_1v_1 + x_2v_2 + \cdots + x_nv_n .$$

Each $(x_1, x_2, \cdots, x_n)$ in (2**) is a vector of 0's and 1's.

Equation (2**) is often used in evaluating subsets of a set of n things. v_i may be called the value of the i^{th} thing. Each n-component vector of 0's and 1's represents a subset of things identified by the 1's in the vector. The things may be objectives [8] and [9], criteria [19], research proposals [31] and [51], potential tools for a kit, and so forth. With four objectives, $(x_1, x_2, x_3, x_4) = (1, 0, 1, 0)$ is the case where the first and third are achieved and the second and fourth are not, with $v(1, 0, 1, 0) = v_1 + v_3$ when (2**) holds. With five research proposals (0, 1, 1, 1, 0) represents the case where three are given support and the first and fifth are shelved.

3. Classification of Estimation Methods

In this section we discuss the structure of Table 1. The final Section considers the methods in more detail.

The 24 methods in Table 1 are classified by four aspects, $a/b/c/d$, defined as follows.

Aspect a. N: the method does not use probabilities
P: the method uses probabilities in scaling utilities
$P\frac{1}{2}$: the method uses only the probability $\frac{1}{2}$ in scaling utilities.

Aspect b. $\prec$: the method is based on preference judgments
$<$: the method is based on "direct" inequality judgments on utilities
$\sim$: the method is based on indifference judgments

$=$: the method is based on "direct" equality judgments on utilities

$x(y)$: the method is based on x judgments, but y judgments may be used an an alternate.

Aspect c. The number(s) denotes the number of factors involved in any one judgment.

Aspect d. B: the method is most applicable with binary (two-level) factors for estimating the v_i in (2^{**}) or is applicable for estimating the scale-transformation parameters in (2^{*})

C: the method is best used with continuous factors

D: the method is best used with discrete factors

E: the method is usable with either discrete or continuous factors

DC or CE: the method is applicable using one discrete and one continuous factor (DC) or one continuous and another factor. The first letter tells which factor is receiving "new" utility information from the judgment.

Two examples illustrate the classification scheme. Method 6 has the classification $P\frac{1}{2}/\sim/1/C$ which says that it is a probabilistic ($\frac{1}{2}$), indifference-judgment method for one continuous factor. Method 15, with classification $N/\prec,\prec/3,4/B$, is a nonprobabilistic method based on preference *and* inequality judgments involving 3 or 4 binary factors for each judgment.

The 24 methods in the table are divided into five groups. Group I methods are those that involve only one factor at a time. In applying a Group I method to a given factor it may be understood that the levels of the other factors are held fixed:[1] if desired, specific levels may be stated for the other factors.

Groups II through V all involve different levels of more than one factor in each judgment. These groups are formed according to the types of factors to which they apply (Aspect d) since this grouping gives a fair amount of homogeneity among methods within each group.

A number in parentheses following the name of a method identifies another method that is a prerequisite of the named method. Method 9 is a prerequisite for Methods 12 through 16.

The theory column of Table 1 identifies some references that contain theory relevant to the method and its use. The final eight methods contain a reference [24] to additive utilities in the expected-utility context since these nonprobabilistic methods are applicable in the expected-utility context as well as in the nonrisk context.

The measurement column of the table lists references that discuss the use of the method and/or closely-related methods. These references constitute only a small fraction of the total literature on some of the methods.

Several methods are not listed in the table due to their similarity to listed methods, or to my judgment that they are of secondary interest, or because I am not aware of them. Several of the omitted methods are mentioned in the next Section.

[1] Fixed levels of other factors also applies when two or more factors are directly involved in a value judgment.

4. Estimation Methods

The methods listed in Table 1 will be discussed according to the five groups. For convenience, the classification of each method is repeated here. The examples and figures used are for purely illustrative purposes.

Group I

1. Ranking. $N/\prec(\prec)/1/D$.

The levels of the factor are ranked from the least preferred to the most preferred or vice versa. A variety of ways, most reducible to pairwise comparisons, may be used to generate the ranking [19], [23, p. 82]. Indifference ($\sim$) as well as strict preference ($\prec$) judgments may be allowed.[2] The information on numerical utilities for the levels is that obtained from ranking, such as $u_i(x_i) < u_i(y_i) < \cdots < u_i(z_i)$. Additional information may be desired before assigning specific numerical values to the utilities. The levels of many continuous (and some discrete) factors are ranked naturally in order of preference: a lower cost is always preferred to a higher cost, for example.

2. Direct Rating. $N/=/1/E$.

An expert beer taster is given samples of four brews, and asked to rate them on a scale from -3 to $+3$, with 0 representing his conception of the average taste quality of his firm's product. His direct numerical taste-quality rating of the four brews is shown in Figure 1a. Torgerson [61, Ch. 4] discusses variations of this method and provides additional references.

3. Standard Gamble 1. $P/\sim/1/E$.

If the factor has a least and a most desirable level, say x_i and y_i respectively, estimate, for each level in a set of other levels $\{z_i, \cdots\}$, the probability $p(z_i)$ for which z_i is indifferent to the distribution that has probability $p(z_i)$ for y_i and probability $1 - p(z_i)$ for x_i: then $u_i(z_i) = p(z_i)u_i(y_i) + [1 - p(z_i)]u_i(x_i)$. If the factor is discrete, this might be done for each level; if continuous, a sample of $p(z_i)$ estimates may be used to sketch a curve for u_i. If the factor has no least (most) desirable element, one may use $x_i \prec y_i$ as reference points as before. Then, for example, if $z_i \prec x_i$ and x_i is indifferent to the distribution with probability $p(z_i)$ for y_i and $1 - p(z_i)$ for z_i, $u_i(z_i)$ is computed from $u_i(x_i) = p(z_i)u_i(y_i) + [1 - p(z_i)]u_i(z_i)$.

4. Standard Gamble 2. $P/\sim/1/C$.

This is like Method 3, but instead of estimating probabilities for indifference, probabilities are specified and levels are estimated for indifference.

An aircraft under development will be able to travel m miles under normal conditions before it needs refueling, $10{,}000 \leqq m \leqq 20{,}000$. A person, familiar with the kinds of missions envisioned for the craft, is asked for his personal evaluation of various values of m. For each probability p in the set $\{.1, .25, .5, .75, .9\}$ he is asked to estimate the value of m, say $m(p)$, for which he would be indifferent between the following two options:

a. use a chance device to determine whether to set $m = 20{,}000$ or $m = 10{,}000$.

[2] This holds in general for all $\prec$ or $\succ$ methods.

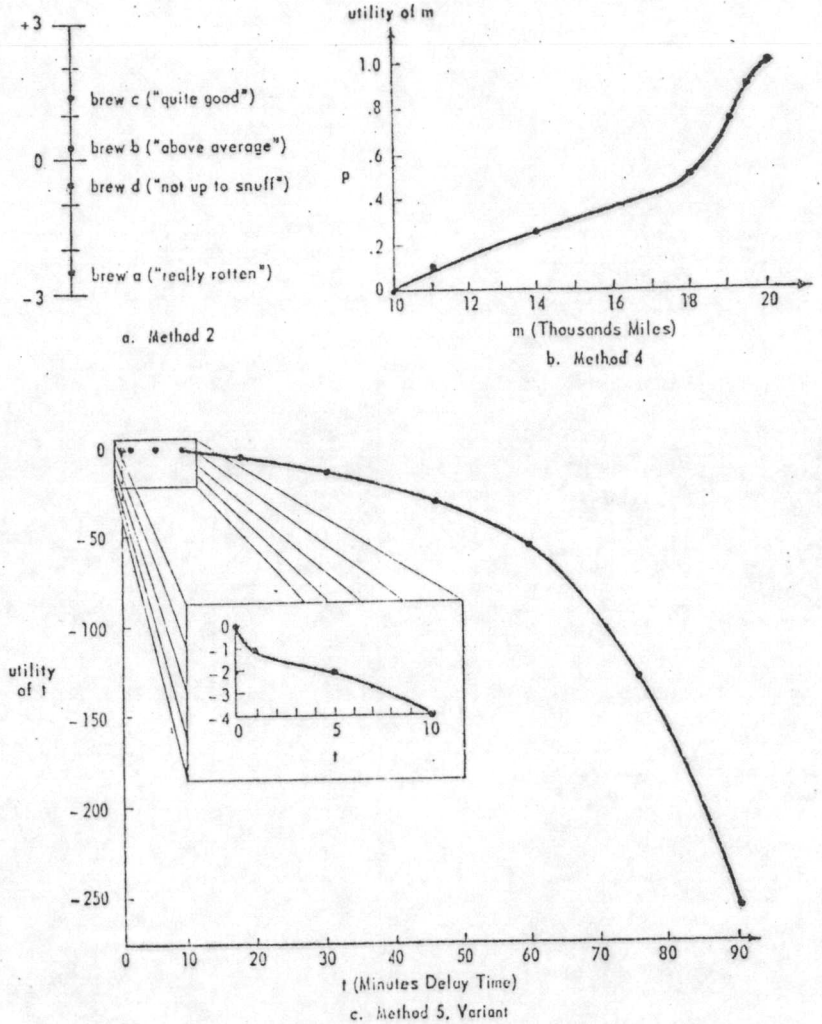


FIG. 1. Illustrations of group I methods

The chance device assigns probability p to $m = 20{,}000$ and probability $1 - p$ to $m = 10{,}000$.

b. set $m = m(p)$.

His estimates of $m(p)$ are shown in the following table.

p	0	.1	.25	.5	.75	.9	1.0
$m(p)$	10,000	11,000	14,000	18,000	19,000	19,400	20,000

A curve for his utility of m is sketched from these responses in Figure 1b, where we have set utility of $m(p) = p$.

5. Direct Midpoint. N/=/1/C.

Let x_i be the least preferred level and y_i the most preferred level of factor i. The evaluator makes a direct judgment as to what level, say z_i, is midway in utility between x_i and y_i. Then $u_i(z_i) = \frac{1}{2}[u_i(x_i) + u_i(y_i)]$ or $u_i(y_i) - u_i(z_i) = u_i(z_i) - u_i(x_i)$. Utility midpoints between x_i and z_i and between z_i and y_i are estimated, and so forth, until enough points to sketch a curve are obtained. In Torgerson's terms [61, Ch. 6], this is an equisection method, or, more specifically, a bisection method.

A related method is suggested by the work of Galanter [30], also discussed by Stevens [52] and [53]. A motorist is asked for his reaction to delays at toll booths. Letting t be the number of minutes delay, he is asked: "If you have to wait time t to get through a toll booth, you will experience some irritation in waiting. What waiting time $r > t$ would make you twice as mad as you would be if you had to wait for time t." Beginning with $t = 1$ minute, his first $r = 5$ minutes. This response time now becomes the new t in the question, whose successive iteration gives the following data. Interpreting this to mean

question number	1	2	3	4	5	6	7	8
t in question	1	5	10	18	30	45	60	75
r in response	5	10	18	30	45	60	75	90

that [utility (r) − utility (0)] = 2[utility (t) − utility (0)] for each question and assigning utility $(0) = 0$ and utility $(1) = -1$, we get utility $(5) = -2$, utility $(10) = -4$, utility $(18) = -8, \cdots$, utility $(90) = -256$. These points and a curve through them are shown in Figure 1c.

In the question of the example one could replace "twice as mad" with "half as mad." Other fractions or multiples could be used, but $\frac{1}{2}$ or 2 seems adequate for many cases. Fractionation methods are covered in more detail in Torgerson [61, Ch. 5].

6. Probabilistic Midpoint. $P\frac{1}{2}/\sim/1/C$.

Estimate z_i such that it is indifferent to a 50-50 gamble resulting in either x_i or y_i. Then $u_i(z_i) = \frac{1}{2}[u_i(x_i) + u_i(y_i)]$. Continue by finding levels of factor i indifferent to 50-50 gambles between x_i and z_i and between z_i and y_i, and so forth until a satisfactory number of points has been obtained.

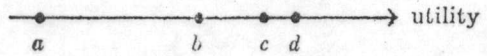
A related method reported in Davidson, Suppes, and Siegel [15] that involves four different levels of the factor in two 50-50 gambles may be used to estimate equal-utility intervals. For example, estimate s such that a 50-50 gamble between \$0 and s is indifferent to a 50-50 gamble between \$10 and \$25. If s is = \$45, then $u_i(\$45) - u_i(\$25) = u_i(\$10) - u_i(\$0)$. Similar pairs of 50-50 gambles are used in Method 8.

7. Direct Ordered Metric (1).[3] $N/</1/D$.

With the levels of the factor ordered as in Method 1, rank in ascending (or descending) order the differences in utility between adjacent utilities in the first ranking. With four levels and $u_i(a) < u_i(b) < u_i(c) < u_i(d)$, one ordered metric ranking is $0 < [u_i(d) - u_i(c)] < [u_i(c) - u_i(b)] < [u_i(b) - u_i(a)]$. A *higher*

[3] The name "ordered metric" is due to Professor Coombs [10].

ordered metric ranking [50] ranks *all* differences, such as $0 < [u_i(d) - u_i(c)] < [u_i(c) - u_i(b)] < [u_i(d) - u_i(b)] < [u_i(b) - u_i(a)] < [u_i(c) - u_i(a)] < [u_i(d) - u_i(a)]$, illustrated in the following diagram.



8. Probabilistic Ordered Metric (1). $P\frac{1}{2}/\prec/1/D$.

With $u_i(a) < u_i(b) < u_i(c) < u_i(d)$, to compare $u_i(b) - u_i(a)$ with $u_i(d) - u_i(c)$ compare the 50-50 gamble between a and d with the 50-50 gamble between b and c. If the latter is preferred, then $\frac{1}{2}[u_i(a) + u_i(d)] < \frac{1}{2}[u_i(b) + u_i(c)]$ or $[u_i(d) - u_i(c)] < [u_i(b) - u_i(a)]$. To compare $u_i(b) - u_i(a)$ with $u_i(c) - u_i(b)$, compare b with the 50-50 gamble between a and c. If b is preferred, then $\frac{1}{2}[u_i(a) + u_i(c)] < u_i(b)$ or $[u_i(c) - u_i(b)] < [u_i(b) - u_i(a)]$. Obtain an ordered metric ranking from such comparisons.

Numerical assignments consistent with a metric ranking may be made, subject to the usual cautions concerning exactness. One possible way of assigning numbers with an ordered metric is to set u_i (least desirable level) $= 0$ and to set $u_i(y_i) - u_i(x_i) = k$ when this difference is the k^{th} one in the metric ranking. For the ordered metric in Method 7 this gives $u_i(a) = 0$, $u_i(b) = 3$, $u_i(c) = 5$, and $u_i(d) = 6$.

Group II

There are n factors, each with two levels. Non-binary factors from which two explicit levels have been selected for use in a Group II method may be included. With equation (2^{**}) applying let

$v_i = u_i$ (more desirable level of factor i) $- u_i$ (less desirable level of factor i)

which amounts to the same thing as setting u_i (less desirable level) $= 0$ and defining $v_i = u_i$ (more desirable level).

9. Ranking. $N/\prec(<)/2/B$.

The $v_i(>0)$ are ranked from smallest to largest, such as $0 < v_1 < v_2 < \cdots < v_n$, the numbering of the factors corresponding to the rank positions for convenience. v_i and v_j may be compared directly $(<)$ or by preferences thus: if (less desirable less of factor i, more desirable level factor j) $\prec$ (more desirable level of factor i, less desirable level of factor j), then $v_j < v_i$.

10. Direct Rating. $N/=/2,1/B$.

In the 2 case, let v_n be the largest v_i and assign it a specific numerical value, say $v_n = 10$. Then, for each v_i, $i < n$, assign v_i a numerical value between 0 and 10 as an estimate of the "weight" of factor i compared to factor n. In the 1 case, factors are rated one-by-one on a preselected scale without first positioning any v_i on the scale. Eckenrode's Figure 1 [19] illustrates this case. The rating scale may consist of a continuum or a finite number of distinct values, such as $0, 1, 2, \cdots, 10$.

11. Probabilistic Rating. $P/\sim/2/B$.

With v_n the largest v_i, estimate p_i such that the following options are indifferent:

a. get (better level of i, poorer level of n)

b. get (poorer level of i, better level of n) with probability p_i or (poorer level of i, poorer level of n) with probability $1 - p_i$.

If $a \sim b$, then when (2^{**}), (3), and (4) hold, $v_i = p_i v_n$.

An item can have any combination of defects 1 and 2, the latter being more serious. Letting $v_i = u_i$ (item doesn't have defect i) $- u_i$ (item has defect i), $a \sim b$ with $i = 1$, $n = 2$ when $p_1 = .6$, so that $v_1 = .6v_2$. Thus, using (2^{**}) and setting $v_2 = 10$, an item with both defects has a 0 utility; with only defect 2 its utility is 6; with only defect 1 its utility is 10, and with no defects its utility is 16. Here v_i is the utility of *not* having defect i or the "relative seriousness" of defect i.

Ackoff [2, pp. 91–93] discusses a slight variant of this method.

12. Successive Comparison (9).[4] $N/<(<)/2\cdots n/B$.

The method of successive comparison is one of a number of possible methods that use inequalities between sums of v_i. Given $0 < v_1 < v_2 < v_3 < v_4$, compare v_4 with $v_2 + v_3$: if $v_4 < v_2 + v_3$, go on and compare v_3 with $v_1 + v_2$; if $v_2 + v_3 < v_4$, then compare v_4 with $v_1 + v_2 + v_3$ and finally compare v_3 with $v_1 + v_2$. This may yield $v_2 + v_3 < v_4 < v_1 + v_2 + v_3$ and $v_1 + v_2 < v_3$. Numerical values may now be assigned consistent with these inequalities, or one may first assign numerical values by direct rating (Method 10) and adjust the v_i (if necessary) so that they are consistent with the inequalities. Many variants of the method are possible. A comparison of $v_1 + v_2$ versus v_3 may be done directly or by preferential comparison between (better level of 1, better level of 2, poorer level of 3) and (poorer level of 1, poorer level of 2, better level of 3). The references in the last column of Table 1 provide additional detail.

13. Half-Value Sum (9).[5] $N/\sim(=)/3/B$.

This method is applicable when n is large and the v_i's are well spread out with v_1 much smaller than v_n when $0 < v_1 < v_2 < \cdots < v_n$. The basic approach is to form half-value chains as follows. Begin with k near n and estimate an i such that $v_i + v_{i+2} \doteq v_k$. This may be done using the type of comparison for $v_1 + v_2$ versus v_3 discussed in Method 12. With $v_i + v_{i+2} \doteq v_k$, set $v_{i+1} = \frac{1}{2}v_k$. Then repeat the process with v_{i+1} replacing v_k, and continue to get half-value v's as long as possible. Several half-value chains may be estimated by starting with different v_k's. Adjustment and interpolation provide estimates of the v's on the basis of the approximate half-value chains. For further details see [31] and [51].

Suppose 30 research proposals have been ranked as $0 < v_1 < v_2 < \cdots < v_{30}$. Beginning at the top, suppose $v_{22} + v_{24} \doteq v_{30}$, $v_{17} + v_{19} \doteq v_{23}$, $v_9 + v_{11} \doteq v_{18}$, $v_2 + v_4 \doteq v_{10}$. On the basis of this one half-value chain $(v_{30}, v_{23}, v_{18}, v_{10}, v_3)$, the v_i have been estimated as shown in Figure 2, where we have set $v_3 = 1$.

14, 15, 16. Ordered Metrics (9). $-/<,</3,4/B$.

Given $0 < v_1 < v_2 < \cdots < v_n$ the ordered metric ranking in the binary case is a ranking of the adjacent differences $v_1 - 0, v_2 - v_1, \cdots, v_n - v_{n-1}$. In Method 14 (direct), the v_i differences are judged directly. In Method 15, a comparison

[4] I am indebted to Professor Ackoff for introduction to this method, which first appeared in Ackoff [1].

[5] I am indebted to Ben Sobin, who was primary in developing this method, for bringing it to my attention. See [51].

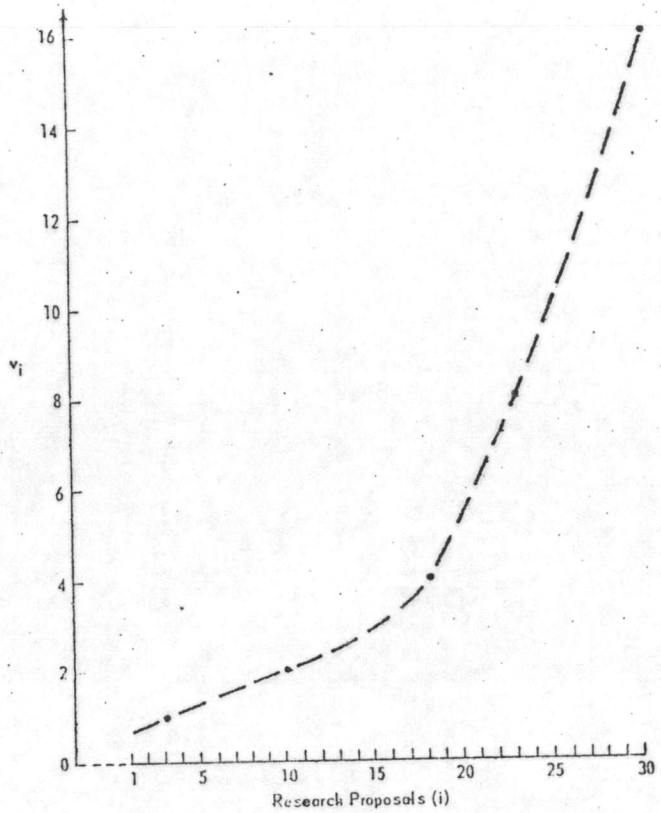


FIG. 2. A half-value chain, method 13

between $v_2 - v_1$ and $v_4 - v_3$, for example, is made by comparing $v_1 + v_4$ with $v_2 + v_3$: in terms of preference, this means comparing (better level of 1, poorer level of 2, poorer level of 3, better level of 4) with (poorer level of 1, better level of 2, better level of 3, poorer level of 4). In Method 15, comparison of $v_3 - v_2$ with $v_2 - v_1$ (when the same v_i is in both differences) is done directly. In Method 16 the comparison between $v_3 - v_2$ and $v_2 - v_1$ is made by comparing (poorer level of 1, better level of 2, poorer level of 3) and the 50-50 gamble between (better level of 1, poorer levels of 2 and 3) and (poorer levels of 1 and 2, better level of 3). If the gamble is preferred to the sure thing, then $0 + v_2 + 0 < \frac{1}{2}[v_1 + 0 + 0] + \frac{1}{2}[0 + 0 + v_3]$, which is $v_2 - v_1 < v_3 - v_2$.

Group III

The four methods in Group III are discussed in [25]. The double trade-off method is suggested in the Luce-Tukey paper [40] published prior to [25].

17. Single Trade Off.[6] $N/\sim(=)/2/C$.

[6] I am indebted to Peter Fatianow for introduction to the single trade-off method. See [21, 22].

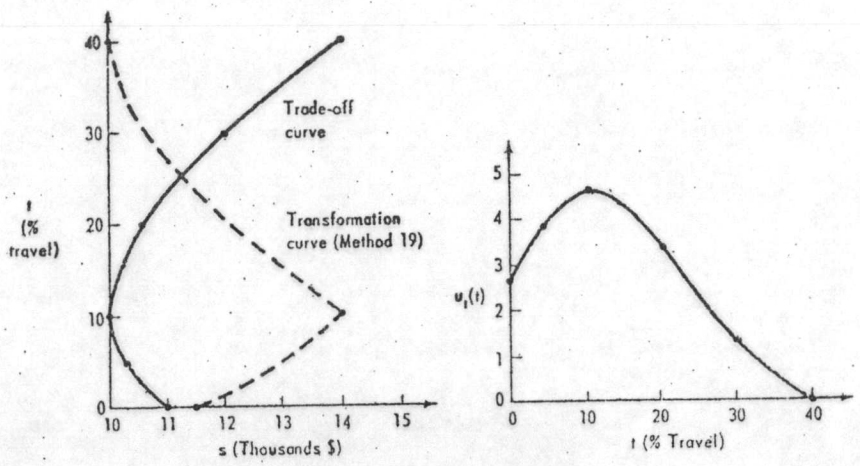


FIG. 3. Single trade-off, Method 17

A single trade-off or indifference curve is estimated for the two factors. If the utility curve for one factor is known, then part or all of the utility curve for the other factor can be estimated from this and the indifference curve.

A man whose work involves travel is planning to change companies. Among other things, he is interested in percent travel time t and salary s of future offers. He figures that, in any event, $0\% \leq t \leq 40\%$ and $\$10000 \leq s \leq \$15000$. He enjoys some travel and estimates his optimal t at 10%. To construct a trade-off curve he estimates points $(t, s) \sim (10\%, \$10000)$. The values of s that satisfy this for selected values of t are shown in the second row of the accompanying table. The third row of the table shows the values of the utilities of the salary levels

t	0%	5%	10%	20%	30%	40%
s	\$11000	\$10300	\$10000	\$10500	\$12000	\$14000
$u_2(s)$	2.0	.8	0	1.2	3.3	4.7
$u_1(t)$	2.7	3.9	4.7	3.5	1.4	0

obtained from an estimate of the utility salary curve. Setting the utility of 40% equal to 0, the $u_1(t)$ values in the last row of the table are computed from the additive equation for the trade-off curve: $u_1(t) + u_2(s) = 0 + u_2(\$14000)$ or $u_1(t) = 4.7 - u_2(s)$. The man's indifference curve is sketched as the solid curve in the left part of Figure 3: his $u_1(t)$ curve is sketched in the right part of the figure.

18. Double Trade-Off. $N/\sim(=)/2/C$.

Two trade-off curves, relatively near to each other, are sketched. A "flight of stairs" is then drawn between the two curves by a connected series of horizontal and vertical line segments, a 90° turn being made wherever a segment touches a curve. The successive points on the curves touched by the stairs define equal intervals of utility for each factor and part of each utility function may be estimated from these points. The method gets a bit sticky when one or both of the utility curves has a hump as in Figure 3. Figure 3 in [25] illustrates this method

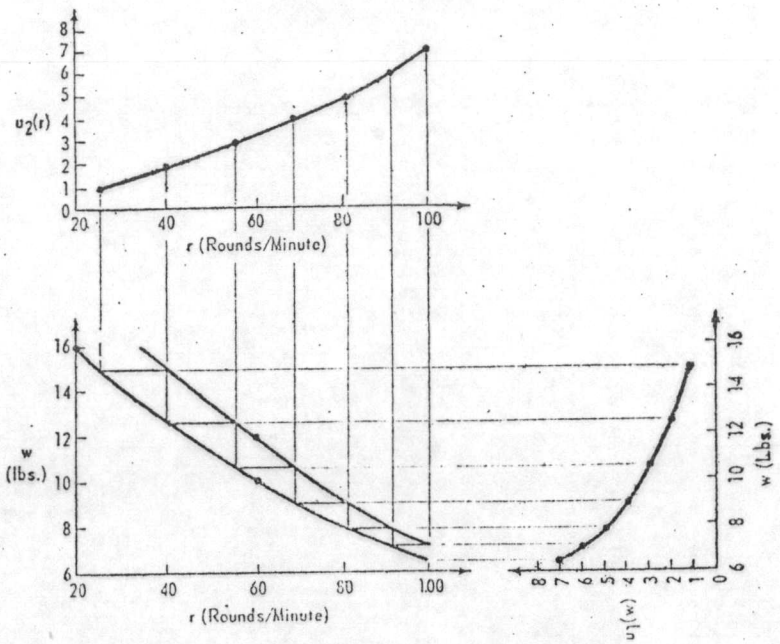


FIG. 4. Double transformation, method 20

and Figure 1 in [40] suggests a way of checking on the assignment of utilities to points that fall between the equally-spaced-in-utility points obtained from the stairs. Figure 4, for the double transformation curve method, illustrates the stairs procedure.

19. Single Transformation. $N/\sim(=)/2/C$.

The single trade-off curve in the example for Method 17 was constructed from points (t, s) for which $(t, s) \sim (10\%, \$10000)$. A transformation curve for the same example could be constructed from points (t, s) for which $(t, \$14000) \sim (10\%, s)$. For the transformation case, s and t are on opposite sides of $\sim$. The dashed curve on the left of Figure 3 illustrates a transformation curve determined from $(t, \$14000) \sim (10\%, s)$. If u_2 has been estimated, points for constructing u_1 are obtained using $u_1(t) = u_1(10\%) + u_2(s) - u_2(\$14000)$ with the points (t, s) on the transformation curve.

20. Double Transformation. $N/\sim(=)/2/C$.

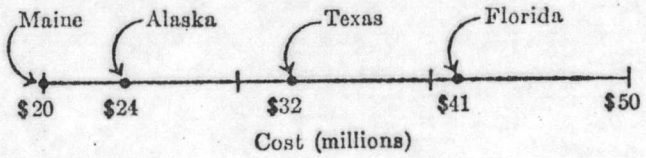
Two factors considered in the design of a new automatic rifle are its gross weight in pounds (w) and its firing capacity in rounds per minute (r), taken as an average over five minutes of sustained firing. Ranges under consideration are $6 \leqq w \leqq 16$ and $20 \leqq r \leqq 100$. An evaluator is asked to provide indifference judgments for constructing two transformation curves. The first curve is constructed from (w, r) points for which $(w, 60) \sim (12, r)$ and the second from (w, r) points for which $(w, 60) \sim (10, r)$. The two curves are shown in the lower left part of Figure 4. A "flight of stairs" is then placed between the two curves and the resultant equally-spaced-in-utility points positioned for sketching $u_1(w)$ and $u_2(r)$.

Group IV

The methods in Group IV are suggested primarily for estimating the utility function of a discrete factor, given the utility function of a continuous factor.

21. Discrete Trade-Off. N/∼(=)/2/DC.

Two factors in the construction and location of a new government facility are its location and cost. Of the four proposed locations {Maine, Alaska, Texas, Florida}, an evaluator considers Maine the least desirable. Wherever it is built, the facility will cost between 20 and 50 million dollars. Using (Maine, \$20 million) as the reference point, the evaluator is to estimate the blanks in (Alaska, —million), (Texas, —million), and (Florida, —million) so that each pair is indifferent to (Maine, \$20 million). With the results shown in the accompanying diagram we get, on setting $u_1(\text{Maine}) = 0$, $u_1(\text{Alaska}) = u_2(\$20M) - u_2(\$24M)$,



$u_1(\text{Texas}) = u_2(\$20M) - u_2(\$32M)$, and $u_1(\text{Florida}) = u_2(\$20M) - u_2(\$41M)$

22. Discrete Transformation. N/∼(=)/2/DC.

For the previous example, estimate each blank so that (Maine, —million) ∼ (Alaska, \$50 million), (Maine, —million) ∼ (Texas, \$50 million), (Maine, —million) ∼ (Florida, \$50 million). If the three blanks are respectively \$48, \$42, and \$35 million and we set $u_1(\text{Maine}) = 0$, then $u_1(\text{Alaska}) = u_2(\$48M) - u_2(\$50M)$, $u_1(\text{Texas}) = u_2(\$42M) - u_2(\$50M)$, $u_1(\text{Florida}) = u_2(\$35M) - u_2(\$50M)$.

23. Discrete Adjacency (1). N/∼(=)/2/DC.

With the discrete-factor levels ranked as level 1 $\prec$ level 2 $\prec \cdots \prec$ level m, this method can be used when u_1 (level $j+1$) $- u_1$ (level j) $\leqq u_2$ (best level of C factor) $- u_2$ (worst level of C factor). For each j from 1 to $m-1$ the evaluator estimates c_j such that (level $j+1$, worst level of C factor) ∼ (level j, level c_j of C factor), which gives u_1 (level $j+1$) $= u_1$ (level j) $+ u_2$ (level c_j of C factor) $- u_2$ (worst level of C factor) for $j = 1, 2, \cdots, m-1$.

Each method in Group IV is essentially the same when the discrete factor is binary, and can be used to estimate v_i for each of a set of binary factors. A company's president is thinking of making changes in policy that can affect net profit as well as the attainment of the following objectives during the first year after the changes:

a. increase market share by at least 3 per cent,
b. maintain or improve present product image among consumers,
c. retain certain key personnel,
d. maintain or improve his (president's) position of respect.

Each objective may be viewed as the more desirable level of a two-level factor, the less desirable level being the contradictory of the objective (a^* = don't increase market share by at least 3 per cent, and so forth). Using \$25 million profit as a fixed point, the president estimates that ($\$25M$, a^*) ∼ ($\$22M$, a),

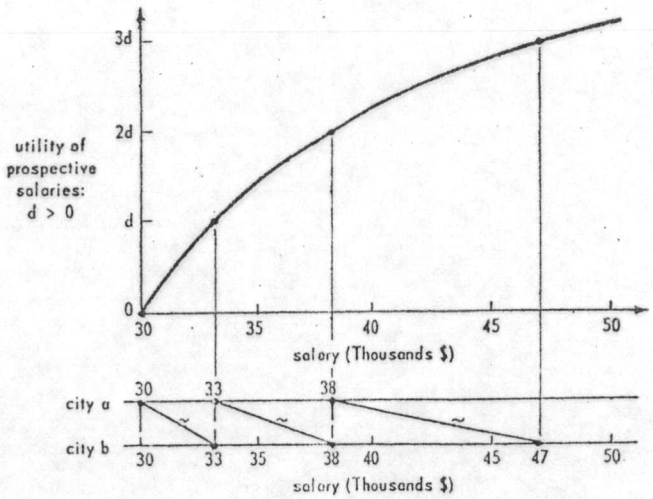


FIG. 5. Saw-tooth, method 24

($25M, b^*$) ~ ($21M, b$), ($25M, c^*$) ~ ($19M, c$), and ($25M, d^*$) ~ ($18M, d$). Hence $v_a = u_1(\$25M) - u_1(\$22M), \cdots, v_d = u_1(\$25M) - u_1(\$18M)$.

Group V

24. Saw-Tooth. N/~(=)/2/CE.

This method may be used to estimate the utility function of a continuous factor from equally-spaced-in-utility points estimated with the aid of two levels of another factor. A succession of judgments, each dependent on the former, is used to obtain the points as explained in our concluding example.

An executive, about to change jobs, prefers city a to city b. He believes that his salary offers will fall in the range \$30000 $\leqq s \leqq$ \$50000. He considers a salary of \$33000 at city b indifferent to a salary of \$30000 at city a, or (\$33000, b) ~ (\$30000, a). He then estimates the blank in (—, b) ~ (\$33000, a). Supposing this to be \$38000, he then estimates the blank in (—, b) ~ (\$38000, a). With (\$47000, b) ~ (\$38000, a) we have plotted his three successive indifference pairs in the lower part of Figure 5. Since the salaries \$30000, \$33000, \$38000, and \$47000 are equally spaced in utility, the utility difference between each two adjacent salaries equalling utility(city a) − utility(city b) = d, we can readily estimate his utility curve for prospective salaries as in the upper part of Figure 5.

References

1. ACKOFF, R. L., *The Design of Social Research*, University of Chicago Press, Chicago, 1953.
2. ——, *Scientific Method: Optimizing Applied Research Decisions*, John Wiley and Sons, New York, 1962.
3. ADAMS, E. W. AND FAGOT, R. F., "A Model of Riskless Choice," *Behavioral Science*, Vol. 4, 1959, pp. 1-10.

4. AUMANN, R. J. AND KRUSKAL, J. B., "The Coefficients in an Allocation Problem," *Naval Research Logistics Quarterly*, Vol. 5, 1958, pp. 111–123.
5. BECKER, S. W. AND SIEGEL, S., "Utility of Grades: Level of Aspiration in a Decision Theory Context," *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 55, 1958, pp. 81–85.
6. —— AND ——, "Utility and Level of Aspiration," *American Journal of Psychology*, Vol. 75, 1962, pp. 115–120.
7. BIRKHOFF, G., *Lattice Theory*, Rev. Ed., American Mathematical Society, New York, 1948.
8. CHURCHMAN, C. W. AND ACKOFF, R. L., "An Approximate Measure of Value," *Operations Research*, Vol. 2, 1954, pp. 172–187.
9. ——, —— AND ARNOFF, E. L., *Introduction to Operations Research*, John Wiley and Sons, New York, 1957.
10. COOMBS, C. H., "Psychological Scaling Without a Unit of Measurement," *Psychological Review*, Vol. 57, 1950, pp. 145–158.
11. ——, *A Theory of Psychological Scaling*, Engineering Research Institute Bulletin No. 34, University of Michigan Press, Ann Arbor, 1952.
12. ——, *A Theory of Data*, John Wiley and Sons, New York, 1964.
13. —— AND BEARDSLEE, D., "On Decision-Making Under Uncertainty," in R. M. Thrall, C. H. Coombs, and R. L. Davis (Eds.), *Decision Processes*, John Wiley and Sons, New York, 1954.
14. DAVIDSON, D., MCKINSEY, J. C. C. AND SUPPES, P., "Outlines of a Formal Theory of Value, I," *Philosophy of Science*, Vol. 22, 1955, pp. 140–160.
15. ——, SUPPES, P. AND SIEGEL, S., *Decision Making: An Experimental Approach*, Stanford University Press, Stanford, California, 1957.
16. DEBREU, G., "Representation of a Preference Ordering by a Numerical Function," in R. M. Thrall, C. H. Coombs, and R. L. Davis (Eds.), *Decision Processes*, John Wiley and Sons, New York, 1954.
17. ——, "Cardinal Utility for Even-Chance Mixtures of Pairs of Sure Prospects," *Review of Economic Studies*, Vol. 26, 1959, pp. 174–177.
18. ——, "Topological Methods in Cardinal Utility Theory," in K. J. Arrow, S. Karlin, and P. Suppes (Eds.), *Mathematical Methods in the Social Sciences, 1959*, Stanford University Press, Stanford, California, 1960.
19. ECKENRODE, R. T., "Weighting Multiple Criteria," *Management Science*, Vol. 12, 1965, pp. 180–192.
20. FARRER, D. N., "Predictive Stability of the Higher Ordered Metric Scale," *American Journal of Psychology*, Vol. 77, 1964, pp. 120–122.
21. FATIANOW, P. R., *A Methodology for the Selection of Systems of a Certain Type*, Master's Thesis, Case Institute of Technology, Cleveland, Ohio, 1963.
22. ——, "An Experiment with a Methodology for System Comparison and Selection," (Abstract), *Operations Research Bulletin*, Vol. 13, 1965, p. B-53.
23. FISHBURN, P. C., *Decision and Value Theory*, John Wiley and Sons, New York, 1964.
24. ——, "Independence in Utility Theory with Whole Product Sets," *Operations Research*, Vol. 13, 1965, pp. 28–45.
25. ——, "Independence, Trade-Offs, and Transformations in Bivariate Utility Functions," *Management Science*, Vol. 11, 1965, pp. 792–801.
26. ——, "Evaluation of Multiple-Criteria Alternatives Using Additive Utility Measures," Technical Paper RAC-TP-200, Research Analysis Corporation, McLean, Virginia, 1966.
27. ——, "Additive Utilities with Finite Sets," Technical Paper RAC-TP-224, Research Analysis Corporation, McLean, Virginia, 1966.
28. ——, "A Note on Recent Developments in Additive Utility Theories for Multiple-Factor Situations," *Operations Research*, Vol. 14, 1966, pp. 1143–1148.
29. FRIEDMAN, M. AND SAVAGE, L. J., "The Expected-Utility Hypothesis and the Measurability of Utility," *Journal of Political Economy*, Vol. 60, 1952, pp. 463–474.

30. GALANTER, E., "The Direct Measurement of Utility and Subjective Probability," *American Journal of Psychology*, Vol. 75, 1962, pp. 208–220.
31. GORDON, J. B., "Conversion of Ordinal Values to Relative Values for Research and Exploratory Development Project Proposals," *Proceedings of the 16th Military Operations Research Symposium*, Office of Naval Research, 1966.
32. GULLIKSEN, H., "Measurement of Subjective Values," *Psychometrika*, Vol. 21, 1956, pp. 229–244.
33. HERSTEIN, I. N. AND MILNOR, J., "An Axiomatic Approach to Measurable Utility," *Econometrica*, Vol. 21, 1953, pp. 291–297.
34. HURST, P. M. AND SIEGEL, S., "Prediction of Decision from a Higher-Ordered Metric Scale of Utility," *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 52, 1956, pp. 138–144.
35. KRAFT, C. H., PRATT, J. W. AND SEIDENBERG, A., "Intuitive Probability on Finite Sets," *Annals of Mathematical Statistics*, Vol. 30, 1959, pp. 408–419.
36. KRANTZ, D. H., "Conjoint Measurement: The Luce-Tukey Axiomatization and Some Extensions," *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 1, 1964, pp. 248–277.
37. LUCE, R. D., "Two Extensions of Conjoint Measurement," *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 3, 1966, pp. 348–370.
38. —— AND RAIFFA, H., *Games and Decisions*, John Wiley and Sons, New York, 1957.
39. —— AND SUPPES, P., "Preference, Utility, and Subjective Probability," in R. D. Luce, R. R. Bush, and E. Galanter (Eds.), *Handbook of Mathematical Psychology*, Vol. III, John Wiley and Sons, New York, 1965.
40. —— AND TUKEY, J. W., "Simultaneous Conjoint Measurement: A New Type of Fundamental Measurement," *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 1, 1964, pp. 1–27.
41. MARQUARDT, R., MAKENS, J. AND LARZELERE, H., "Measuring the Utility Added by Branding and Grading," *Journal of Marketing Research*, Vol. 2, 1965, pp. 45–50.
42. MARSCHAK, J., "Rational Behavior, Uncertain Prospects, and Measurable Utility," *Econometrica*, Vol. 18, 1950, pp. 111–141.
43. MILGRAM, A. N., "Partially Ordered Sets, Separating Systems and Inductiveness," in K. Menger (Ed.), *Reports of a Mathematical Colloquium*, Second Series, Number 1, University of Notre Dame, 1939.
44. PFANZAGL, J., "A General Theory of Measurement: Applications to Utility," *Naval Research Logistics Quarterly*, Vol. 6, 1959, pp. 283–294.
45. PLUMMER, J., *Analysis of Consumer Preferences*, Master's Thesis, Case Institute of Technology, Cleveland, Ohio, 1964.
46. PRATT, J. W., RAIFFA, H. AND SCHLAIFER, R., "The Foundations of Decision Under Uncertainty: An Elementary Exposition," *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 59, 1964, pp. 353–375.
47. SAVAGE, L. J., *The Foundations of Statistics*, John Wiley and Sons, New York, 1954.
48. SCHLAIFER, R., *Probability and Statistics for Business Decisions*, McGraw-Hill, New York, 1959.
49. SCOTT, D., "Measurement Structures and Linear Inequalities," *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 1, 1964, pp. 233–247.
50. SIEGEL, S., "A Method for Obtaining an Ordered Metric Scale," *Psychometrika*, Vol. 21, 1956, pp. 207–216.
51. SOBIN, B. AND PROSCHAN, A., "Search and Evaluation Methods in Research and Exploratory Development," in H. D. Lerner (Ed.), *Research Program Effectiveness*, Gordon and Breach, Science Publishers, New York, 1966.
52. STEVENS, S. S., "Measurement, Psychophysics, and Utility," in C. W. Churchman and P. Ratoosh (Eds.), *Measurement: Definitions and Theories*, John Wiley and Sons, New York, 1959.
53. ——, "In Pursuit of the Sensory Law," Second Public Klopsteg Lecture, Technological Institute, Northwestern University, Evanston, Illinois, 1962.
54. STILLSON, P., "A Method for Defect Evaluation," *Industrial Quality Control*, Vol. 11, 1954, pp. 9–12.

55. SUPPES, P. AND WINET, M., "An Axiomatization of Utility Based on the Notion of Utility Differences," *Management Science*, Vol. 1, 1955, pp. 259–270.
56. —— AND ZINNES, J. L., "Basic Measurement Theory," in R. D. Luce, R. R. Bush, and E. Galanter (Eds.), *Handbook of Mathematical Psychology*, Vol. I, John Wiley and Sons, New York, 1963.
57. SUZUKI, G., "Procurement and Allocation of Naval Electronic Equipments," *Naval Research Logistics Quarterly*, Vol. 4, 1957, pp. 1–7.
58. THURSTONE, L. L., "The Indifference Function," *Journal of Social Psychology*, Vol. 2, 1931, pp. 139–167. Also Chapter 12 in [59].
59. ——, *The Measurement of Values*, University of Chicago Press, Chicago, 1959.
60. —— AND JONES, L. V., "The Rational Origin for Measuring Subjective Values," *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 52, 1957, pp. 458–471. Also Chapter 18 in [59].
61. TORGERSON, W. S., *Theory and Methods of Scaling*, John Wiley and Sons, New York, 1958.
62. TVERSKY, A., "Finite Additive Structures," *Michigan Mathematical Psychology Program*, MMPP 64-6, University of Michigan, Ann Arbor, 1964.
63. ——, "A General Theory of Conjoint Measurement," *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 4, 1967.
64. VON NEUMANN, J. AND MORGENSTERN, O., *Theory of Games and Economic Behavior*, 2nd Ed., Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1947.

ภาคผนวก ข

2.1 หลักเกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญถนนมาตรฐานของ รพช.

หลักเกณฑ์การวางโครงข่ายถนนมาตรฐานของจังหวัด

1. ต้องพิจารณาให้ทุกหมู่บ้านอยู่ห่างจากทางหลวงที่ใช้ได้ทุกฤดูกาลไม่เกิน 5 กม.
2. ต้องพิจารณาให้โครงข่ายทางสัมพันธ์กับโครงข่ายทางของจังหวัดข้างเคียง
3. ต้องเป็นโครงข่ายทางที่ลงทุนน้อยที่สุด และสามารถให้ราษฎรได้รับประโยชน์มากที่สุด

การกำหนดเลขรหัสชื่อสายทาง

1. การให้เลขรหัส ให้จากเหนือลงมาใต้ (ยกเว้นจังหวัดที่ได้กำหนดเลขรหัสไว้เดิม ให้คงไว้ตามเดิม)
2. การกำหนดชื่อสายทาง ให้กำหนดชื่อต้นทางและชื่อปลายทาง

หลักเกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญของโครงการถนน

สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบทจะคัดเลือกถนนบางสายที่สอดคล้องกับนโยบายของสำนักงาน ฯ และอยู่ในโครงข่ายถนนมาตรฐานของจังหวัดมาทำการก่อสร้าง โดยพิจารณาลำดับความสำคัญก่อนหลัง ในการก่อสร้างจากเส้นทางที่มีค่าดัชนีสูงสุดไปหาต่ำสุด โดยมีหลักเกณฑ์การพิจารณาค่าดัชนี ดังต่อไปนี้ -

1. นโยบายเกี่ยวกับพื้นที่ก่อสร้าง (ดัชนี 3 ถึง 5)
   1.1 พื้นที่สีเหลือง ดัชนี 5
   1.2 พื้นที่สีฟ้า ดัชนี 4

1.3 พื้นที่สีชมพู ดัชนี 3

2. จำนวนประชากรที่ได้รับประโยชน์ต่อความยาวของทาง (ดัชนี 3 ถึง 5)

2.1 มากกว่า 400 คน/กม. ดัชนี 5

2.2 200 - 400 คน/กม. ดัชนี 4

2.3 น้อยกว่า 200 คน/กม. ดัชนี 3

3. สภาพการคมนาคม (ดัชนี -1 ถึง 5)

3.1 ทางเดิมเป็นทางเท้า ทางเกวียน ทางลากไม้ หรือไม่มีทาง ดัชนี 5

3.2 ทางเดิมรถใช้ได้บางฤดูกาล ดัชนี 4

3.3 ทางเดิมเป็นทางใช้การได้ทั้งปี ดัชนี 2

3.4 มีทางรถไฟ ดัชนี -1

3.5 มีทางน้ำ ดัชนี -1

4. สภาพเศรษฐกิจและสังคม (ดัชนี 0 ถึง 10)

4.1 มีแนวโน้ม (**Potential**) ที่จะมีพื้นที่ประกอบเกษตรกรรม ในเขตอิทธิพลของทาง ดัชนี 0 ถึง 2

4.2 ความสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติ (พื้นที่ดินดี แหล่งน้ำ แร่ ธาตุอื่นๆ) ดัชนี 0 ถึง 3

4.3 การรวมตัวและความพร้อมเพรียงของประชาชน (เช่น กลุ่มธุรกิจและเยาวชน การตั้งสมาคม ฯลฯ) ดัชนี 0 ถึง 3

4.4 สาธารณูปโภค (การลงทุนทุกชนิดของรัฐบาล) ดัชนี 0 ถึง 1

4.5 ธุรกิจการค้าของเอกชน (การค้าขาย โรงงานอุตสาหกรรม) ดัชนี 0 ถึง 1

5. ความยากง่ายในการก่อสร้าง (ดัชนี 3 ถึง 5)

5.1 ค่าก่อสร้างเฉลี่ยไม่เกิน 150,000 บาท/กม. ดัชนี 5

5.2 ค่าก่อสร้างเฉลี่ย ตั้งแต่ 150,000 - 200,000 บาท/กม. ดัชนี 4

5.3 ค่าก่อสร้างเฉลี่ย ตั้งแต่ 200,000 บาท/กม. ขึ้นไป ดัชนี 3

2.2 หลักเกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญของโครงการถนนราคาถูกในชนบท ซึ่งเสนอไว้ในบทความเรื่อง การวางแผนก่อสร้างถนนราคาถูกในชนบท[22] โดย คุณสนั่น ศรีรุ่งโรจน์ หัวหน้างานวางโครงการกองวางแผน กรมทางหลวง และ คุณกิติพล อัศภาภรณ์ หัวหน้างานวิศวกรรมจราจร กองวางแผน กรมทางหลวง บทความนี้จัดขึ้นสำหรับการสัมมนาเรื่อง ถนนราคาถูกในชนบท เมื่อวันที่ 16 - 17 กุมภาพันธ์ 2521 จัดโดยสมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การพิจารณาโครงข่ายทางหลวง (**Network**)

ประชาชนในแต่ละหมู่บ้าน หรือชุมนุมชน มักจะมีความคิดเห็นขัดแย้งกันในการเสนอแนวของทางหรือถนนที่จะก่อสร้างขึ้นใหม่ ทั้งนี้ส่วนมากก็เพราะเห็นแก่ประโยชน์ของตนเองในระยะสั้นๆ และไม่สามารถคาดการณ์ความเจริญเติบโตของหมู่บ้านในอนาคตได้ อันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาในการพิจารณาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขในอนาคต เจ้าหน้าที่จังหวัดและอำเภอจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาคัดเลือกแนวหนึ่งแนวใดหรือแนวใหม่ที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ร่วมกัน โดยใช้หลักการของการจัดโครงข่ายทางหลวงทั้งนี้ก็เพื่อให้โครงการนั้นสามารถตอบสนองความต้องการของประชาชนได้ตลอดไปในอนาคตอันยาวนาน และเป็นการตัดทอนโครงการที่มีประโยชน์น้อยออกด้วย

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาโครงข่ายของถนนราคาถูกในชนบท ผู้เขียนใคร่ขอเสนอแนะแนวทางการพิจารณาดำเนินการไว้ดังต่อไปนี้

1. ต้องต่อเชื่อมกับทางหลวงหลัก หรือทางหลวงชนบทอื่นๆที่มีอยู่แล้ว

2. ไม่สมควรให้แนวทางขนานกับทางหลวงหลักในรัศมีประมาณ 5 กิโลเมตร หรือทางหลวงชนบทอื่นๆในรัศมีประมาณ 3 กิโลเมตร

3. พยายามให้แนวทางพุ่งเข้าหาทางหลวงหลักเสมอ

4. พยายามให้แนวทางผ่าน หรือเข้าถึงท่าเรือ สถานีรถไฟ สถานที่สำคัญอื่นๆ

5. พยายามให้แนวทางมีรัศมีการใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด สองข้างทางมีพื้นที่การเพาะปลูกสูง และจำนวนประชาชนที่จะได้ประโยชน์จากถนนที่จะสร้างให้มากที่สุดที่จะมากได้

การจัดลำดับความสำคัญของโครงการถนนราคาถูกในชนบท

หลักเกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญของโครงการถนนราคาถูกในชนบทที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ เป็นการย่นย่อรายละเอียดสำคัญขององค์ประกอบ (**Factors**) ในการศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐกิจก่อนการลงทุน (**Feasibility Study**) และนำมาพิจารณาด้วยการให้คะแนนวัดผล แทนการประเมินออกมาเป็นจำนวนเงิน ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับกำลังคนที่ทางจังหวัดหรือทางอำเภอสามารถจะจัดหามาได้ องค์ประกอบดังกล่าวมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. องค์ประกอบเกี่ยวกับผลประโยชน์ตอบแทน (**Benefit Factors**) ซึ่งเป็นผลประโยชน์ที่เกิดจากผลของการลงทุนของโครงการที่กระจายไปสู่ผู้ใช้ทั้งด้านการประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและเดินทาง รวมถึงเป็นตัวเร่งให้เกิดการพัฒนาทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคมดังได้แยกเป็นหัวข้อย่อยๆต่อไปนี้

1.1 จำนวนประชากรที่จะได้รับประโยชน์จากโครงการนั้นโดยตรง เพื่อการเดินทางติดต่อกับโลกภายนอก หรือเพื่อเดินทางไปติดต่อธุรกิจของตนเองให้สะดวกและรวดเร็วและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการเดินทางต่ำกว่าเดิม ถ้ามีจำนวนประชากรสูง โครงการถนนนั้นก็ย่อมมีผู้ใช้สูงเพิ่มไปด้วย แต่โดยที่ประชาชนทั้งหลายอาจจะไม่ได้ตั้งบ้านเรือนอยู่ตามริมทางทั้งหมด จึงจำเป็นที่จะต้องมีมาตรการในการนั้น คือให้นับผู้ที่อยู่ในรัศมีของทางดังกล่าวไปประมาณข้างละ 1 กิโลเมตร และโดยที่จะขจัดความโน้มเอียงในการจัดลำดับความสำคัญ จำเป็นจะต้องเปรียบเทียบสัดส่วนของประชากรดังกล่าวกับความยาวของถนนด้วย ดังนั้นน้ำหนักของคะแนนด้านจำนวนประชากรจะเป็น จำนวนประชากรต่อความยาวของถนน

1.2 จำนวนผลผลิตและการพัฒนาด้านเกษตรกรรมที่เกิดขึ้นจากสองข้างทางต่อปีที่จำเป็นจะต้องใช้เส้นทางของโครงการนี้เพื่อการขนส่งไปสู่ตลาด ถึงแม้ว่าการเพาะปลูกส่วนมากจะกระจายสม่ำเสมอจากสองข้างทางก็ตาม ยังมีความจำเป็นที่จะต้องไปเปรียบเทียบกับความยาวของถนนเพื่อการจัดลำดับของคะแนน โครงการพัฒนาทางด้านเกษตรกรรมมีผลประโยชน์โดยตรงต่อโครงการ เพราะจะนำมาซึ่งการเพิ่มผลผลิต ดังนั้นคะแนนของผลผลิต

จึงขึ้นอยู่กับจำนวนผลผลิตในลักษณะเป็นจำนวนคันต่อปี ต่อความยาว 1 กิโลเมตรของถนน และการเพิ่มผลผลิตในอนาคต เนื่องจากผลของการก่อสร้างถนนดังกล่าว (หากมี)

1.3 เส้นทางขนส่งในปัจจุบัน เพื่อเป็นการเปรียบเทียบว่ามีความจำเป็นจะต้องก่อสร้างถนนใหม่มากน้อยเพียงใด เช่น เดิมมีทางน้ำสำหรับสัญจรไปมาอยู่แล้ว ทำให้มีความจำเป็นน้อยลง ดังนั้นคะแนนในหัวข้อนี้จึงขึ้นอยู่กับสภาพและลักษณะการขนส่งเดิมที่มีอยู่

1.4 ทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ของพื้นที่ในบริเวณที่ถนนนั้นจะตัดผ่าน ที่ทำให้มีความจำเป็นจะต้องใช้โครงการถนนนั้น ซึ่งแบ่งออกได้เป็น

ก. ทางด้านสังคม ได้แก่ โรงเรียน อนามัย หรือสถานพยาบาล สถานีตำรวจ อื่นๆ ฯลฯ

ข. ทางด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ ศูนย์กลางธุรกิจการค้า โรงงาน โรงสี และอื่นๆ

2. องค์ประกอบที่เกี่ยวกับการลงทุน ก่อสร้างถนนราคาถูกในชนบท (**Cost Factors**) มีดังต่อไปนี้ -

2.1 ราคาค่าก่อสร้างต่อความยาว 1 กิโลเมตร หากราคาค่าก่อสร้างต่ำก็มีโอกาสที่จะได้รับการพิจารณาก่อสร้างมาก ในกรณีเช่นนี้เราก็จะให้คะแนนสูง เพราะใช้เงินลงทุนน้อย หากราคาค่าก่อสร้างสูงก็จะได้คะแนนต่ำ ตามเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว ราคาค่าก่อสร้างนี้ให้รวมทั้งค่าก่อสร้างสะพาน ท่อน้ำ ช่องลอดต่าง ๆ ด้วย แล้วเฉลี่ยเป็นราคาต่อกิโลเมตร

2.2 ค่าก่อสร้างต่อเติมหรือโครงการสมทบที่จำเป็นจะต้องก่อสร้างด้วยเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ การให้คะแนนเหมือนในข้อ 2.1

2.3 กำลังแรงงานในท้องถิ่น โครงการก่อสร้างถนนในชนบทมีความมุ่งหวังที่จะใช้แรงงานชาวบ้านในท้องถิ่นนั้นดำเนินการ จะด้วยแรงงานที่อุทิศหรือการจ้างก็ตาม ถ้าชาวบ้านมีงานล้นมืออยู่แล้ว การก่อสร้างนั้นก็ไม่สมควรดำเนินการ เพราะจะก่อให้เกิดการ

แข่งขันกับงานประจำ หรือทำให้งานประจำเสียไป การให้คะแนนจึงควรพิจารณาจากสภาพของความว่างงานของประชากรในบริเวณนั้น

3. การให้คะแนนเพื่อการพิจารณาลำดับความสำคัญก่อนหลังของแต่ละโครงการ ผู้เขียนใคร่ขอสรุปไว้ดังต่อไปนี้ -

3.1 ผลประโยชน์ตอบแทน (**Benefits**) คะแนนรวม 20 คะแนน

3.1.1	จำนวนประชากรในรัศมี 1 กิโลเมตร (คน/ความยาวถนน 1 กม.)	
	มากกว่า 400	5
	200 - 400	3
	น้อยกว่า 200	1
3.1.2 ก)	จำนวนผลผลิตในรัศมี 3 กิโลเมตร (ตัน/กม./ปี)	
	มากกว่า 2,000	7
	1,200 - 2,000	6
	600 - 1,200	4
	300 - 600	2
	น้อยกว่า 300	1
ข)	การเพิ่มผลผลิตในอนาคต	
	โครงการทำนา 2 ครั้ง	2
	โครงการปลูกพืชอื่นหลังฤดูเก็บเกี่ยว	1
	ไม่มีโครงการ	0
3.1.3	ลักษณะและสภาพการขนส่งเดิม	
	มีสถานีรถไฟ	0
	มีแม่น้ำลำคลอง	1
	ไม่มี	2

3.1.4	ด้านการเศรษฐกิจและสังคม	
ก)	มีสถานบริการสาธารณะเกิน 2 แห่ง	2
	มีสถานบริการสาธารณะ 1 หรือ 2 แห่ง	1
	ไม่มีเลย	0
ข)	โรงงาน โรงสี และอื่นๆ	
	จำนวนเกิน 2 โรง	2
	จำนวน 1 หรือ 2 โรง	1
	ไม่มีเลย	0

3.2 การลงทุน (**Costs**) คะแนนรวม 20 คะแนน

3.2.1	ค่าก่อสร้าง (บาท/กม.)	
	น้อยกว่า 5,000	18
	5,000 - 10,000	17
	10,000 - 20,000	16
	20,000 - 40,000	14
	40,000 - 60,000	12
	60,000 - 100,000	10
	100,000 - 150,000	8
	150,000 - 250,000	6
	250,000 - 400,000	4
	400,000 - 600,000	2
	มากกว่า 600,000	0
3.2.2	กำลังแรงงานในท้องถิ่นในขณะกำลังก่อสร้างถนน	
	60% ว่างงาน	2
	40% ว่างงาน	1
	20% ว่างงาน	0

4. คะแนนเต็มจากทางด้านผลประโยชน์และด้านการลงทุนรวมกันเป็น 40 คะแนน โครงการที่ได้คะแนนสูงหมายถึงโครงการที่จะให้ผลตอบแทนต่อส่วนรวมสูง จึงมีลำดับความสำคัญสูงจากผลของการให้คะแนนของโครงการถนนต่างๆ จากโครงการข่ายทางที่จัดขึ้นตามข้อ 3 ทำให้ได้มาซึ่งลำดับความสำคัญก่อนหลังของโครงการต่างๆซึ่งสามารถพิจารณาดำเนินการก่อสร้างไปตามกำลังทรัพยากรที่เอื้ออำนวย

ภาคผนวก ค

Proposed Project Screening Procedure +

A. Benefit Factors	WEIGHTS
1. Agricultural Production	
a. Present Marketed Production	
(tons/year/km)	
over 3,000	5
1,200 - 3,000	4
600 - 1,200	3
300 - 600	2
under 300	1
b. Potential Cultivable Area	
(km2/km)	
over 6	2
2 - 6	1
under 2	0

+ The World Bank ; THAILAND : Review of Rural Road Programming ; Jan. 1979.

c. Water Availability

Year-round reservoir	3
Water avail. during part of dry season	1.5
Water avail. during wet season	1
No water available	0

2. Population Density

(persons/km)

over 400	3
200 - 400	2
under 200	1

3. Existing Transport Facilities

Cart track only	5
Dry season road	4
(but,if waterway available, subtract 1)	

4. Socio-Economic

a. Cooperation of People (max.3)

Agricultural Coop.	3
Farmer (or other) Association	1.5

b. Improved Access to Public Services

(school,health unit,police station)

More than two service 2

Two services or less 1

c. Factories and Business Establishments

Major factory of commercial area 2

Small shops or rice mills 1

No marketing facilities 0

5. Total Benefits Score (25 max.)

B. Cost Factors Cost, baht

1. Road Construction and Maintenance

a. Road construction cost/km ฿ ___

b. Bridge construction cost/km ฿ ___

c. Maintenance cost/km,present value

high - standard road (a+b) x 0.40

medium-standard road (a+b) x 1.00

low-standard road (a+b) x 1.60

฿ ___

Total road cost ฿ ___

2. Complementary Investment Costs

Itemize/km ฿ ___

3. Total Cost (1+2) ₿ ___

C. Ranking Criterion

Ratio of $\frac{\text{Benefits score (A5)}}{\text{Cost (B3)}}$ ₿ ___

ภาคผนวก ง

หลักและวิธีการในการประเมินผลหลังจากการก่อสร้างทาง

Productivity Road Programs โดย กรมทางหลวงแผ่นดิน

1. หลักการและความมุ่งหมาย

ตลอดเวลาที่กรมทางหลวงได้ทำการก่อสร้างและบูรณะทางหลวงสายต่างๆนั้นเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า ทางหลวงดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งที่ทำให้ท้องถิ่นที่ถนนผ่านนั้นเกิดการตื่นตัว และสร้างความเจริญรุ่งเรืองทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และทางการเมือง

1.1 ทางด้านเศรษฐกิจ

หลังจากมีถนนเข้าไปในท้องที่แล้ว ทำให้สามารถขนส่งสินค้าทางด้านเกษตรและอุตสาหกรรมไปสู่ตลาดภายนอกรวดเร็วและสะดวก ทั้งยังสามารถลดค่าขนส่งอีกมาก ทำให้มีการขยายการผลิตมากขึ้น โดยนำเอาพื้นที่ๆว่างเปล่ามาทำประโยชน์และเพิ่มผลผลิตต่อไร่ รวมตลอดถึงการขยายทำการประมงสัตว์เลี้ยงอีกด้วย ส่วนทางด้านอุตสาหกรรมก็จะมีการขยายการผลิตของโรงงานต่างๆรวมทั้งก่อสร้างโรงงานใหม่ขึ้น ทั้งหมดทำให้ฐานะความเป็นอยู่ของประชาชนในท้องถิ่นนั้นดีขึ้น

1.2 ทางด้านสังคม

เมื่อท้องถิ่นนั้นมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจ ประชาชนมีฐานะดี อยู่ดีกินดี ผลที่ต่อมาคือประชาชนจากท้องที่อื่นๆที่มีฐานะด้อยกว่าก็จะอพยพเข้าไปอยู่ทำมาหากินเพิ่มขึ้น แน่นอนผลที่ตามมา คือการขยายและเพิ่มเติมสาธารณูปการและสุขอนามัยให้ดียิ่งขึ้น ดังเช่น โรงพยาบาล ไฟฟ้า ประปา สถานีตำรวจ โรงเรียน สำนักสงฆ์ และวัด และย้อนมาเพิ่ม

ถนนหนทางให้สะดวกยิ่งขึ้น ทำให้บรรยากาศสังคมในท้องถิ่นนั้นเป็นที่น่าอยู่อาศัยยิ่งขึ้น

1.3 ทางด้านการเมือง

เมื่อประชาชนมีฐานะความเป็นอยู่ดีแล้ว การศึกษาทั่วถึงกันทำให้เข้าใจปัญหาทางการเมืองดีขึ้น ยากที่จะถูกผู้อื่นชักจูง และยังเข้าใจหลักประชาธิปไตยดีกว่าท้องถิ่นที่ขาดความเจริญ

อย่างไรก็ตาม ตลอดเวลาที่ผ่านมากรมทางหลวงไม่เคยทำการวัดผลตามที่กล่าวมาข้างต้นว่า ทางหลวงที่สร้างขึ้นมานั้นมีอิทธิพลในการสร้างความเจริญให้แก่ท้องถิ่นนั้นมากน้อยเพียงใด เราเพียงแต่วัดผลทางผลตอบแทนต่อทุนที่ลงไปในลักษณะ **Benefits Costs Ratio** และ **Internal Rate of Return** ซึ่งมีค่าเป็นตัวเงิน และการวัดซึ่งเป็นการวัดโดยการคาดคะเนตามหลักสมมุติฐานที่เราตั้งขึ้นมาโดยหลักวิชาการ แต่สมมุติฐานที่เราตั้งขึ้นมานั้น ตามหฤษฎีจะมีปัจจัยมากมาย ถ้าปัจจัยตัวใดตัวหนึ่งเกิดคลาดเคลื่อนไป จะทำให้ผลสรุปที่ได้มาคลาดเคลื่อนไปด้วย

สำหรับโครงการวิธีประเมินผลหลังจากการก่อสร้างทางแล้วนั้น เป็นข้อเท็จจริงและปรากฏการณ์ของปัจจุบันจริง ถ้าเราไปรวบรวมข้อมูลที่เป็นปรากฏการณ์ปัจจุบันมาสรุปประเมินผลแล้วจะเพิ่มข้อสรุปที่แน่นอนกว่ามาก และทั้งยังสามารถทดสอบข้อสรุปหรือประเมินผลที่เราเคยวิเคราะห์ศึกษาก่อนการก่อสร้างสายทางต่างๆที่ตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่เราตั้งขึ้นนั้นว่า มีการคลาดเคลื่อนเพียงใด มีปัจจัย (**Factors**) อันไหนบ้างที่คลาดเคลื่อน ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการปรับปรุงข้อสมมุติฐานที่ตั้งไว้ เพื่อเป็นบันทึกฐานในการปฏิบัติงานขั้นต่อไป

2. <u>วิธีการในการประเมินผล</u>

ในการประเมินผล จะใช้ข้อมูลที่สำรวจมาในสนามทำการประมวลข้อมูลและวิเคราะห์ โดยถือเอาส่วนเฉลี่ยมาเปรียบเทียบกันระหว่างของในอดีต (ก่อนสร้างทาง) และในปัจจุบัน (หลังจากสร้างทางแล้ว)

หัวข้อหรือ **Items** ต่างๆที่จะใช้ในการประเมินผล (ในขั้นเริ่มงานใหม่ๆ) มีดังนี้

2.1 เนื้อที่ทำการเพาะปลูก แยกตามประเภทของพืช

2.2 ผลผลิตรวมของพืชแต่ละประเภท และผลผลิตต่อไร่

2.3 กรรมสิทธิของที่ดินที่ทำการเกษตร (เป็นเจ้าของเองหรือเช่า)

2.4 การใช้เครื่องทุ่นแรงทางเกษตร

2.5 การใช้ปุ๋ย และการทดน้ำใช้เอง

2.6 การเลี้ยงสัตว์ในครัวเรือน ชนิด และจำนวน

2.7 แหล่งที่รับซื้อผลิตผลทางเกษตร และวิธีการ

2.8 ค่าขนส่ง หรือค่าใช้จ่ายในการนำผลิตผลไปสู่ตลาด

2.9 แหล่งเงินกู้ธนาคาร

2.10 โครงการสนับสนุนเงินทุน หรือแหล่งเงินกู้ของรัฐบาล

2.11 สหกรณ์การเกษตร

2.12 โครงการชลประทานหลวง

2.13 โครงการชลประทานราษฎร์

2.14 โครงการอื่นๆเพื่อส่งเสริมทางด้านเกษตร

2.15 โครงการพัฒนาที่ดิน

2.16 โครงการปศุสัตว์

2.17 จำนวนเนื้อที่ป่าสงวน ป่าไม้สัมปทาน ป่ารักษาพันธุ์สัตว์

2.18 ผลิตผลจากป่า

2.19 การอุตสาหกรรม จำนวนโรงงานอุตสาหกรรม ประเภทและปริมาณการผลิต

2.20 อุตสาหกรรมในครัวเรือน

2.21 ปริมาณประชากร รวมทั้งการอพยพ

2.22 จำนวนโรงเรียน แยกตามหลักสูตรชั้นเรียน

2.23 จำนวนวัด และสำนักสงฆ์

2.24 โรงพยาบาล สถานีอนามัย รวมทั้งคลินิคเอกชน

2.25 สถานีตำรวจ หน่วยรักษาความปลอดภัย

2.26 การไฟฟ้า

2.27 การประปา

2.28 การใช้ล้วม ชนิดที่ใช้ปริมาณ

2.29 จำนวนเที่ยวที่ออกจากท้องที่ไปยังที่อื่น ไปเพื่ออะไร

2.30 ค่าโดยสาร และค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการเดินทาง (รถส่วนตัว)

2.31 จำนวนรถที่อยู่ในครอบครอง

2.32 ปริมาณ **Traffic** บนถนนที่ศึกษา

2.33 แหล่งวัสดุในการก่อสร้าง

2.34 ราคาวัสดุในการก่อสร้าง

2.35 ค่าก่อสร้างรวม

2.36 การว่าจ้างงาน

3. วิธีการหาข้อมูล

การหาข้อมูลจะต้องไปเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์สำรวจในสนาม ตามท้องถิ่นที่ศึกษา คือทางสายของ **Productivity Roads** แยกออกเป็น 3 แบบ คือ

3.1 แบบสำรวจที่ใช้สัมภาษณ์เจ้าหน้าที่อำเภอ โดยจะสัมภาษณ์หาข้อมูลกว้างๆ คือ ระดับอำเภอที่อยู่ใน **Infulence Area**

3.2 แบบสำรวจที่ใช้สัมภาษณ์กับกำนัน ผู้ใหญ่บ้าน โดยจะสัมภาษณ์หาข้อมูลระดับตำบล หรือหมู่บ้าน

3.3 แบบสัมภาษณ์ที่ใช้สัมภาษณ์เจ้าบ้าน หรือหัวหน้าครอบครัว หรือผู้แทน โดยจะสัมภาษณ์หาข้อมูลระดับครัวเรือน หรือบุคคล

ในการสำรวจนั้น สำหรับข้อมูลระดับอำเภอจะทำการสัมภาษณ์ทุกอำเภอที่อยู่ใน **Influence area** ส่วนข้อมูลระดับตำบลหมู่บ้านและครัวเรือน บุคคล นั้น จะทำการสุ่มตัวอย่างทำการสัมภาษณ์โดยกำหนดสุ่มตัวอย่างประมาณ 10% ของครัวเรือนทั้งหมด

<u>คำชี้แจงหัวข้อที่ใช้ในการสัมภาษณ์</u>

โครงการประเมินผลหลังจากการก่อสร้างทาง

1. เนื้อที่ทำการเพาะปลูก แยกตามประเภทของพืช หมายถึง

1.1 ในระดับอำเภอ ทำเช่นเดียวกับวิธีทำใน **Feasibility Studies** โดยแยกเนื้อที่ทำการเพาะปลูกของพืชแต่ละชนิด ให้แยกเป็นตำบลที่อยู่ใน **Influence Area**

1.2 ระดับตำบลหรือหมู่บ้าน ให้รวบรวมพื้นที่โดยประมาณเพื่อแยกประเภทตาม 1.1

1.3 ระดับครัวเรือนให้ตัวเลขเฉพาะของครัวเรือนที่สัมภาษณ์เท่านั้น

2. ผลผลิตรวมของพืชแต่ละประเภท และผลผลิตต่อไร่

ให้รวบรวมผลผลิตรวม และผลผลิตต่อไร่ที่ทำการเพาะปลูก ในข้อ 1

3. กรรมสิทธิ์ของที่ดินที่ทำการเกษตร หมายถึง

3.1 ในระดับอำเภอให้คำนวณจำนวนไร่ เนื้อที่เพาะปลูกใน 1.1 ว่าเป็นของชาวเกษตรเอง หรือเช่ามา หรือรับจาง เป็นไร่และเทียบเป็นเปอร์เซนต์

3.2 ระดับตำบลหรือหมู่บ้าน เหมือน 3.1

3.3 ระดับครัวเรือน ให้สัมภาษณ์ว่า ใน 1.3 นั้น ที่ดินเป็นกรรมสิทธิ์ของใคร (ของผู้อื่นหรือเป็นเจ้าของเอง) เป็นที่ดินจำนองอยู่หรือไม่ หรือรับจำนองเขาไว้ หรือเช่าเขาทำ

4. การใช้เครื่องทุ่นแรง หมายถึง กระบวนการการเพาะปลูกว่าได้ใช้เครื่องทุ่นแรงอะไรบ้าง เช่น วัว ควาย แทรคเตอร์ เป็นต้น ให้ระบุจำนวนด้วย

4.1 ในระดับอำเภอและตำบล หรือหมู่บ้าน ให้สัมภาษณ์กว้างๆเพียงเทียบเป็นเปอร์เซนต์ ที่ใช้เครื่องทุ่นแรงแต่ละชนิด

4.2 ระดับครัวเรือนให้รายละเอียดเป็นจำนวน

5. การใช้ปุ๋ย และการทดน้ำใช้เอง การใช้ปุ๋ยนี้รวมตลอดถึงการใช้เครื่องเคมีภัณฑ์เพื่อส่งเสริมและกำจัดศัตรูพืชด้วย ส่วนการทดน้ำใช้เองหมายถึงชาวเกษตรกรใช้วิธีการต่างๆ เพื่อหาน้ำใส่ไร่นาของตนจะมีไหม หรือปล่อยให้ไปตามบุญตามกรรมของธรรมชาติ

6. การเลี้ยงสัตว์เลี้ยงในครัวเรือน ชนิดและจำนวน

6.1 ในระดับอำเภอและตำบลหรือหมู่บ้าน เพียงให้สัมภาษณ์ว่ามีหรือไม่ เพิ่มขึ้นหรือลดลง เทียบเป็นเปอร์เซนต์

6.2 ในระดับครัวเรือนให้แจ้งรายละเอียดถึงชนิดและจำนวน

7. แหล่งที่รับซื้อผลิตผลทางการเกษตร และวิธีการ

7.1 สำหรับระดับอำเภอให้แจ้งแหล่งรับซื้อต่างๆ

7.2 ระดับตำบลหรือหมู่บ้าน ให้แหล่งที่เฉพาะในท้องที่นั้นไปขายให้เท่านั้น

7.3 เฉพาะแหล่งที่รับซื้อของตนเท่านั้น สำหรับวิธีการนั้นหมายถึง

7.4 การขนส่งใครทำหน้าที่นำสินค้าไปสู่แหล่งซื้อ

7.5 กระบวนการซื้อขาย เช่น การติดต่อ การชำระเงินค่าสินค้า และอื่นๆ

8. ค่าขนส่งหรือค่าใช้จ่ายในการนำผลิตผลไปส่งตลาดหรือแหล่งรับซื้อ

8.1 ค่าขนส่งให้แยกหน่วย เช่น กระสอบ ตัน หรือเกวียน เป็นต้น หรือเป็นคันรถ (บอกชนิดของผลผลิตด้วย)

8.2 ค่าใช้จ่าย หมายถึงกรณีที่ครัวเรือนที่มีพาหนะของตนเอง สามารถจะนำผลิตผลไปส่งถึงแหล่งรับซื้อว่า แต่ละเที่ยวต้องเสียค่าใช้จ่ายเท่าไร ต่อปริมาณสินค้าที่นำไปส่ง (ให้แยกเป็นประเภทสินค้า)

9. แหล่งเงินกู้

9.1 เดิมมีการกู้เงินจากไหนได้ และปัจจุบันกู้จากไหนได้บ้าง

9.2 แหล่งเงินกู้จากธนาคารจากไหนได้บ้าง

10. โครงการสนับสนุนเงินทุนหรือแหล่งเงินกู้ของรัฐบาล

หมายถึงมีโครงการอะไรบ้าง ของทางการพืชที่จะส่งเสริมพัฒนา หรือให้ความช่วยเหลือแก่เกษตรกร รวมตลอดทางด้านเงินกู้ด้วย

11. สหกรณ์การเกษตร

คำว่าสหกรณ์ในที่นี้ ให้รวมตลอดจนสหกรณ์ทุกประเภท เพื่อประโยชน์ของเกษตรกร ดังเช่น สหกรณ์ผู้ซื้อผู้ขาย เป็นต้น

12. โครงการชลประทานหลวง

โครงการชลประทานหลวง ให้สัมภาษณ์เฉพาะระดับอำเภอกับตำบล หรือหมู่บ้านเท่านั้น

13. โครงการชลประทานราษฎร์

เป็นโครงการของกลุ่มเกษตรกรไหนจัดขึ้น ให้สัมภาษณ์หลักการในการก่อตั้งและระยะเวลาการก่อตั้ง

14. โครงการอื่นๆเพื่อส่งเสริมทางด้านเกษตร

หมายถึงโครงการอื่นที่เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร ที่ไม่มีข้อสัมภาษณ์ เช่น ฝาย เป็นต้น

15. โครงการพัฒนาที่ดิน

16. โครงการปศุสัตว์

17. จำนวนเนื้อที่ ป่าสงวน ป่าสัมปทาน ป่ารักษาสัตว์ป่า

หัวข้อนี้ไว้สำหรับสัมภาษณ์ระดับอำเภอ

18. ผลิตผลจาก

ผลิตผลจากป่านี้ นอกจากไม้ ให้สำรวจไว้ให้หมด

19. การอุตสาหกรรม จำนวนโรงงานอุตสาหกรรม ประเภทและปริมาณการผลิต

19.1 สัมภาษณ์เฉพาะระดับอำเภอ และตำบลหรือหมู่บ้าน

19.2 สำหรับระดับครัวเรือน ให้สัมภาษณ์จำนวนสมาชิกในครัวเรือนมีกี่คนได้เข้าไปทำงานอยู่ในโรงงาน

20. อุตสาหกรรมในครัวเรือน

20.1 ระดับอำเภอ ให้สัมภาษณ์เพียงว่ามีอะไรมากอยู่ตำบลไหน จำนวนปริมาณเท่าไร (ผลผลิตและปริมาณกี่ครัวเรือน)

20.2 ระดับตำบลหรือหมู่บ้าน ให้สัมภาษณ์มีประเภทไหนบ้าง มีกี่ครัวเรือน

20.3 ให้ระบุประเภท และผลผลิต

21. ปริมาณประชากร รวมทั้งการอพยพ

(สำหรับข้อนี้ สัมภาษณ์แล้วให้กรอกใส่ในข้อ 1 พิเศษ)

21.1 ระดับอำเภอ และตำบลหรือหมู่บ้าน ให้หาข้อมูลประชากรของตำบลที่อยู่ใน **Influence Area** แล้วใน **gap** ที่แตกต่างกันนั้น ให้แสดงจำนวนผู้เกิด ตาย และย้ายเข้า ย้ายออก

21.2 ระดับครัวเรือน ให้สัมภาษณ์ถึงจำนวนสมาชิกในครัวเรือนที่เปลี่ยนแปลง

22. จำนวนโรงเรียน แยกตามหลักสูตรชั้นเรียน

22.1 ข้อนี้สำหรับสัมภาษณ์ระดับอำเภอและตำบล หรือหมู่บ้าน เกี่ยวกับจำนวนโรงเรียน และแบ่งเป็นชั้นเรียน เช่น โรงเรียนประถม มัธยม ฯลฯ

22.2 ระดับครัวเรือน สัมภาษณ์จำนวนเด็กที่เข้าโรงเรียน และเรียนอยู่ในชั้นอะไรบ้าง

23. จำนวนวัด และสำนักสงฆ์

สำหรับสัมภาษณ์ระดับอำเภอและตำบลหรือหมู่บ้าน

24. โรงพยาบาล สถานีอนามัย รวมทั้งคลินิคเอกชน

สำหรับสัมภาษณ์อำเภอและตำบลหรือหมู่บ้าน ว่ามีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางปริมาณและคุณภาพหรือไม่

25. สถานีตำรวจ หน่วยรักษาความปลอดภัย

มีการเปลี่ยนแปลงทั้งจำนวนและเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการเพียงใด หน่วยรักษาความปลอดภัยเป็นรูปอย่างไร

26. การไฟฟ้า

26.1 เดิมใช้แสงสว่างอย่างไร แล้วหันมาใช้เป็นไฟฟ้าเมื่อไร

26.2 รูปแบบของการไฟฟ้า รวมทั้งค่าไฟฟ้าต่อหน่วย ค่าไฟฟ้าที่จ่ายต่อเดือน

26.3 จะสำรวจระดับไหนได้บ้าง แล้วแต่พิจารณาความเหมาะสม แต่ระดับครัวเรือน ต้องสัมภาษณ์ทุกครั้ง

27. การประปา

เหมือนข้อ 26

28. การใช้ล้วม ชนิดที่ใช้ จำนวน

สำหรับสัมภาษณ์ในระดับครัวเรือนเท่านั้น

29. จำนวนเที่ยวที่เดินทางออกจากท้องที่ไปธุระที่อื่น ไปเพื่ออะไร

สำหรับสัมภาษณ์ระดับครัวเรือน อาจหมายถึงหัวหน้าครอบครัว หรือบุคคลในครอบ

ครัวที่จะต้องออกไปธุระต่างท้องถิ่น และจุดประสงค์ในการเดินทางไปให้คิดเฉลี่ยต่อเดือน

30. ค่าโดยสาร และค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการเดินทาง

30.1 สำหรับสัมภาษณ์ระดับครัวเรือน ค่าโดยสารและค่าใช้จ่ายต่อเที่ยว ตามข้อ 29

30.2 ในกรณีที่มีพาหนะส่วนตัว ให้หาค่าใช้จ่ายแทน

31. จำนวนรถที่อยู่ในครอบครอง

สำหรับสัมภาษณ์ระดับครัวเรือน จำนวนยานพาหนะ รถทุกชนิดที่อยู่ในครอบครอง และให้แยกว่าในงานอยู่ที่ไหนเป็นส่วนใหญ่

32. ปริมาณ **Traffic** บนถนนสายที่ศึกษา

32.1 เนื่องจากสถิติ **Past trend** เราไม่มีศึกษา ดังนั้นจึงให้พยายามสัมภาษณ์จากแหล่งใดก็ได้ ประมาณให้ใกล้เคียงที่สุด

32.2 สำหรับ **Traffic** ปัจจุบัน จะตั้งเครื่องนับและใช้เจ้าหน้าที่แขวงช่วยนับให้

33. แหล่งวัตถุในการก่อสร้าง

เจ้าหน้าที่วิศวกรจะเป็นผู้หาแหล่งวัตถุในการก่อสร้าง ว่ามาจากแหล่งใดบ้าง

34. ราคาวัสดุในการก่อสร้าง

ให้หาราคาวัสดุ 2 **Periods** คือเวลาก่อสร้างกับปัจจุบัน (งานต่อไปต้องหา 3 **Periods** คือ **Estimate Price, Actual Price** และ **Current Price**)

35. การว่าจ้างงาน **Employment**

35.1 ระดับอำเภอและตำบลหรือหมู่บ้าน ให้สัมภาษณ์ปริมาณงาน แรงงาน ซึ่ง

เปลี่ยนจากทางด้านเกษตรกรรมไปสู่สาขาอุตสาหกรรม และสาขาอื่นๆ นอกเหนือจากเกษตรกรรม

35.2 ระดับครัวเรือน สัมภาษณ์เช่นเดียวกับ 35.1 แล้วให้สัมภาษณ์ต่ออีกว่าในระหว่างทำการก่อสร้างสายทางที่ศึกษานี้ ได้ไปรับจ้างทำงานกับการสร้างทางหลวงดังกล่าวนี้หรือไม่

หมายเหตุ สำหรับครัวเรือนให้สัมภาษณ์ 3 ขั้นตอน คือ

1. ก่อนก่อสร้าง
2. ระหว่างก่อสร้าง
3. หลังการก่อสร้าง

ภาคผนวก จ

การทำ **Preliminary Screening of the Route**

โดย กรมทางหลวงแผ่นดิน

ชื่อสายทาง ..... หมายเลขโครงการ ..... ระยะทาง ..... กม.

แขวงการทาง ..... เขตการทาง .....

ชื่อผู้ให้คะแนน ..... วันที่ .....

ลำดับที่	รายการ	กรณีที่มีทางอยู่แล้วและมี A.D.T. ตั้งแต่ 100 คันขึ้นไป			กรณีที่ไม่มีทางหรือเป็นทางลำลองหรือมี A.D.T. น้อยกว่า 100 คัน		
		คะแนน		หมายเหตุ	คะแนน		หมายเหตุ
		เต็ม	ได้		เต็ม	ได้	
1	Population	15			15		
2	normal Agricultural Activities	10			20		
3	Diversification and Intensification of Agricultural Activities	10			15		
4	Forestry	10			10		
5	Mining and Industry	5			5		
6	Tourism	-			5		
7	Administration	5			5		
8	Military and Stragetic	-			5		
9	Traffic	40			15		
10	Other Benefits	5			5		
	Total	100			100		

ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างการคำนวณเพื่อการตรวจสอบการไม่ขัดกันของการจัดลำดับข้อพิจารณาระหว่างกลุ่มประเภทต่างๆ (**Sample of calculation for determining the consistency of criteria ranking among population subgroups**)

สูตรที่ใช้หาค่า **Coefficient of Rank Correlation (r)** คือ

$$r = 1 - \left\{ 6(\Sigma\, d_i^2) / \left[n(n^2-1) \right] \right\}$$

เมื่อ **r = coefficient of Rank Correlation**

d_i = difference between the ranks of a criteria by two subgroups

n = number of all criteria ranked

ตารางการคำนวณ เปรียบเทียบระหว่างอายุ 20 - 30 ปี กับอายุ 30 - 40 ปี

ข้อพิจารณา	Mean ranks		d_i	d_i^2
	20 - 30 ปี	30 - 40 ปี		
R_1	4.15	3.89	0.26	0.0676
R_2	4.71	4.32	0.39	0.1521
R_3	5.39	4.72	0.67	0.4489
R_4	4.52	4.73	0.21	0.0441
R_5	5.62	5.84	0.22	0.0484
R_6	5.69	6.45	0.76	0.5776
R_7	5.03	5.40	0.37	0.1369
R_8	6.03	6.83	0.80	0.6400
R_9	8.39	8.42	0.03	0.0009
R_{10}	5.54	5.68	0.14	0.0196
n=10				Σ 2.1361

$$\therefore r = 1 - \left\{ 6(2.1361) / \left[10(10^2-1) \right] \right\}$$

$$= 0.99$$

ภาคผนวก ช

<u>ตัวอย่างการคำนวณเพื่อวิเคราะห์หาค่า</u> **Composite Rank (M_j)**

สัญญลักษณ์คำนวณ

$$M_j = \sum_{i=1}^{m} R_{ij} \quad ; \quad j = 1,2,3,.....10$$

$$i = 1,2,3,.....934$$

เมื่อ M_j = **Composite rank** ของแต่ละข้อพิจารณา j

R_{ij} = **Converted rank** ของแต่ละข้อพิจารณา j ของแบบสอบถามแต่ละชุด

ตารางการคำนวณ

แสดงตัวอย่างโดยคิดแบบสอบถามเพียง 3 ชุด

ลำดับที่	ข้อพิจารณา	Raw Rangking			Converted Rangking			Composite rank (M_j) ($i=1,2,3$)
		ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	
M_1	R_1	1	1	2	9	9	8	26
M_2	R_2	3	5	3	7	5	7	19
M_3	R_3	4	3	4	6	7	6	19
M_4	R_4	2	2	1	8	8	9	25
M_5	R_5	5	4	5	5	6	5	16
M_6	R_6	7	8	6	3	2	4	9
M_7	R_7	6	6	7	4	4	3	11
M_8	R_8	8	9	10	2	1	0	3
M_9	R_9	10	10	9	0	0	1	1
M_{10}	R_{10}	9	7	8	1	3	2	6
	$(j=1,2,3,...10)$							$\sum = 135$

ภาคผนวก ช

ตัวอย่างการคำนวณในการนำค่า **Composite Rank (M_j)** มา **Normalize** ให้เป็นค่า **Composite weight** หรือค่า V_j

สัญญลักษณ์คำนวณ

$$V_j = \frac{M_j}{\sum_{j=1}^{n} M_j} \quad ; \quad j = 1,2,3,.....,10$$

เมื่อ V_j = **Composite Weight or Relative weight** ของแต่ละข้อพิจารณา(j)

M_j = **Composite rank** ของแต่ละข้อพิจารณา (j)

ตารางการคำนวณ

แสดงตัวอย่างโดยคิดแบบสอบถามเพียง 3 ชุด และนำผลวิเคราะห์ขั้นต้นมาจากตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ช

ลำดับที่	ข้อพิจารณา	Composite Rank, (M_j)	Calculation	Composite Weight, (V_j) (%)
v_1	R_1	26	$\frac{26}{135}$ x 100	19.3
v_2	R_2	19	$\frac{19}{135}$ x 100	14.1
v_3	R_3	19	$\frac{19}{135}$ x 100	14.1
v_4	R_4	25	$\frac{25}{135}$ x 100	18.5
v_5	R_5	16	$\frac{16}{135}$ x 100	11.9
v_6	R_6	9	$\frac{9}{135}$ x 100	6.7

ลำดับที่	ข้อพิจารณา	Composite Rank, (M_j)	Calculation	Composite Weight, (V_j) (%)
v_7	R_7	11	$\frac{11}{135}$ x 100	8.1
v_8	R_8	3	$\frac{3}{135}$ x 100	2.2
v_9	R_9	1	$\frac{1}{135}$ x 100	0.7
v_{10}	R_{10}	6	$\frac{6}{135}$ x 100	4.4
		Σ 135		Σ 100.0 %

ประวัติผู้เขียน

นายประวิช ทินกร ณ อยุธยา เกิดวันที่ 20 เมษายน 2497 ที่จังหวัดกรุงเทพ ฯ

สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี พ.ศ. 2518

ปัจจุบันทำงานที่ บริษัทรียัลแนล เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลท์แทนท์ จำกัด

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย