

基于全局信息的动态激励评价方法及激励策略

郭亚军, 周 莹, 易平涛, 李伟伟

(东北大学工商管理学院, 辽宁 沈阳 110819)

摘要: 针对动态激励评价问题, 提出了一种诱导被评价对象个体行为向评价者全局期望动态趋同的评价方法. 首先, 通过对全局被评价对象的观测值与变化量进行“激励型分层”得到具有奖优惩拙思想的“全局激励系数”, 据此在动态环境中集结出带有激励作用的被评价对象综合评价价值与排序. 然后, 运用一个算例对该方法的可行性与有效性进行了说明. 此外, 通过对激励策略进行仿真, 分析不同策略下相对初始排序的变化程度及不同策略间的变动对排序结果的影响, 从而为评价者制定激励型分层策略提供理论依据.

关键词: 综合评价; 动态评价; 信息集结; 激励型分层; 随机模拟

中图分类号: C934 文献标识码: A 文章编号: 1000-5781(2017)02-0282-07

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2017.02.014

Dynamic incentive evaluation based on overall information and incentive strategy

Guo Yajun, Zhou Ying, Yi Pingtao, Li Weiwei

(School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110819, China)

Abstract: For the dynamic incentive evaluation problem, this paper proposes an evaluation method that induces the evaluation object's behavior convergence to the evaluator's expectation. First, an overall incentive coefficient is derived which rewards excellent indexes and punishes worse indexes by classifying the incentive layer of the overall observed value and variation of the overall evaluation object. Then an example is used to illustrate the feasibility and validity of this method. In addition, through a simulation of the incentive strategy, the effects of different strategies on the initial sorting and effects of the change of each strategy on sorting are analyzed. Evaluators can develop incentive layered strategies according to this studies.

Key words: comprehensive evaluation; dynamic evaluation; information aggregation; incentive index layer; stochastic simulation

1 引 言

综合评价问题存在于人类社会的各个领域, 一直是决策分析领域中的重要研究内容^[1-7]. 传统综合评价问题, 多研究体现被评价对象现状水平的静态综合评价问题, 而事物发展是动态变化, 起伏波动的过程, 因此, 动态综合评价成为管理决策者需要解决的关键问题. 目前, 动态激励综合评价已取得以多阶段信息集结为核心的部分研究成果^[8-10], 方法研究通常从正向逻辑思维出发, 引入激励模型得到各被评价对象的评价值, 从而对其进行相应的奖惩以达到提升系统发展的目的.

收稿日期: 2014-05-19; 修订日期: 2014-12-27.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71071030; 71071031); 国家自然科学基金面上资助项目(71671031).

因此, 延承了现有动态激励评价方法以正向逻辑思维为起点的研究思想, 本文提出了一种全新的“激励型分层方法”, 该方法将评价者的激励思想融入动态模型中, 通过划分出的“优异层”、“一般层”和“拙劣层”对全局被评价对象的观测值与变化量进行激励处理, 以确定反映评价者意图的“全局激励系数”, 最终得到带有激励作用的被评价对象综合评价与排序, 此方法的特点是可以促使被评价对象意识到评价值的提高与在全局中是否符合系统整体发展需求有关, 从而对被评价对象产生一定的行为诱导作用. 同时以发散逻辑思维为辅助, 考虑现有动态激励评价方法存在多评价结论非一致性的现象, 这种现象并非是方法本身的错误造成的, 而是由于采用不同的评价模型与参数所导致的, 因此评价者在选取动态激励评价方法时, 有助于评价者实现“指哪打哪儿”的激励意图成为研究的关键所在. 综上, 本文结合近年来随机模拟型综合评价的思想^[11-13], 提出通过对激励策略模拟仿真寻求不同激励思想下激励参数对最终排序结果的影响程度及各激励参数的内在变化对排名变化的影响, 供评价者在评价前对全局信息以充分把握并设置相应的激励参数, 最终得到符合系统预期的评价结果与排序的新思路, 为评价者关于人才甄别、企业部门效益评价等实际问题提供一定的参考意见, 也为系统内部各要素的协调发展提供了总体目标与指导作用.

本文探讨动态激励问题, 需要解决的核心问题是: 1) 在全局信息确定的前提下, 评价者采用各激励分层方式对最终评价及排序产生何种影响; 2) 在全局信息不确定的前提下, 评价者采用各激励分层方式对最终排序结果产生多大的影响; 3) 随着环境动态变化, 改变激励策略对最终排序结果产生何种影响.

2 基于全局信息的动态激励模型及应用

2.1 模型

在动态综合评价中, 对第 i 个被评价对象(或系统) $o_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 按时间顺序, 在时刻 $t_k (k = 1, 2, \dots, l)$ 下的状态进行采样(即指标取值), 并对其指标类型一致化及无量纲化等预处理, 排除指标量纲及量级差别对综合评价结果的影响, 设时序信息矩阵^[10]为

$$X = [x_{it_k}]_{n \times l} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1l} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2l} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nl} \end{bmatrix}. \quad (1)$$

不失一般性, 记 x_{it_k} 为被评价对象 o_i 在 t_k 时刻的观测值. 如何对 o_i 在时段 $t_{ab} (t_{ab} = t_b - t_a, a < b, a = 1, 2, \dots, l, b = 1, 2, \dots, l)$ 上的整体状态施行带有奖惩目的的评价, 从而对被评价对象的发展起到激励引导作用? 这是一类动态激励评价问题.

为在动态环境中分析、评价与把握各被评价对象基于全局信息的表现情况, 首先需要确定全局被评价对象 o_i 在相邻时点 $t_k - 1$ 至 t_k 进步或退步状况的变化量 $\Delta x_{it_k} (\Delta x_{it_k} \in [-1, 1])$, 这里

$$\Delta x_{it_k} = \begin{cases} x_{it_k} - x_{i(t_k-1)}, & k \geq 2 \\ 0, & k = 1. \end{cases} \quad (2)$$

随后, 根据全局被评价对象的观测值 x_{it_k} 、变化量 Δx_{it_k} 与本文创新提出的定义1“激励型分层”与定义2“全局激励系数”结合, 得到各被评价对象在动态环境中带有激励作用的综合评价.

定义1 激励型分层是指评价者分别对全局被评价对象的观测值 x_{it_k} 与变化量 Δx_{it_k} 贯彻“奖励优异, 惩罚拙劣”的思想, 按照 c_1, c_2, c_3 给定的比例进行激励分层, 其中 $c_1 + c_2 + c_3 = 10$ 且 c_1, c_2, c_3 为正整数, 分别代表全局表现“优异”、“一般”和“拙劣”的观测值 x_{it_k} 与变化量 Δx_{it_k} 取值比例, 当被评价对象的观测值 x_{it_k} 或变化量 Δx_{it_k} 落入“优异层”时, 对该被评价对象进行相应的奖励, 落入“一般层”时不进行任何奖惩, 落入“拙劣层”时进行相应的惩罚, 从而对被评价对象起到激励作用.

不同分层方法体现不同的激励思想,这里给出三种有代表性的分层方法:1)“严厉型分层方法”表示因管理者(X理论支持者)比较严厉导致的激励型分层接近“ $c_3 > c_1, c_3 > c_2$ ”,大部分被评价对象得到惩罚的方法;2)“中庸型分层方法”,表示因管理者不太注重奖励和惩罚导致的激励型分层接近“ $c_2 > c_1, c_2 > c_3$ ”,较少的被评价对象得到奖励或惩罚的方法;3)“宽厚型分层方法”表示因管理者(Y理论支持者)比较宽松导致的激励型分层接近“ $c_1 > c_2, c_1 > c_3$ ”,大部分被评价对象得到奖励的方法.

定义2 “全局激励系数”是指根据全局被评价对象的观测值 x_{it_k} 与变化量 Δx_{it_k} 在“优异层”、“一般层”和“拙劣层”中所处位置设置相应的激励系数,从而对被评价对象综合评价与排名起到激励调节作用.设 η_{it} 为被评价对象 o_i 在 t_k 时刻的全局激励系数,其计算公式为

$$\eta_{it_k} = \mu_\alpha \alpha_{it_k} + \mu_\beta \beta_{it_k}, \quad (3)$$

其中 $\mu_\alpha, \mu_\beta \in [0, 1]$ 且 $\mu_\alpha + \mu_\beta = 1$, μ_α 为评价者对被评价对象观测值的重视程度, μ_β 为评价者对被评价对象变化量的重视程度,可根据往期数据或经验设定, α_{it_k} 为被评价对象 o_i 在 t_k 时刻下的状态激励系数, β_{it_k} 为被评价对象 o_i 在 t_k 时刻下的趋势激励系数,其计算公式分别为

$$\alpha_{it_k} = \begin{cases} \exp\left(x_{it_k} - \frac{c_2 + c_3}{c_1 + c_2 + c_3}\right), & x_{it_k} > \frac{c_2 + c_3}{c_1 + c_2 + c_3} \\ 1, & \frac{c_3}{c_1 + c_2 + c_3} \leq x_{it_k} \leq \frac{c_2 + c_3}{c_1 + c_2 + c_3} \\ \exp\left(x_{it_k} - \frac{c_3}{c_1 + c_2 + c_3}\right), & x_{it_k} < \frac{c_2 + c_3}{c_1 + c_2 + c_3} \end{cases} \quad (4)$$

$$\beta_{it_k} = \begin{cases} \exp\left(\Delta x_{it_k} - \frac{c_2 + c_3 - c_1}{c_1 + c_2 + c_3}\right), & k > 1, \Delta x_{it_k} > \frac{c_2 + c_3 - c_1}{c_1 + c_2 + c_3} \\ 1, & k = 1 \text{ 或 } \frac{c_3 - c_1 - c_2}{c_1 + c_2 + c_3} \leq \Delta x_{it_k} \leq \frac{c_2 + c_3 - c_1}{c_1 + c_2 + c_3} \\ \exp\left(\Delta x_{it_k} - \frac{c_3 - c_1 - c_2}{c_1 + c_2 + c_3}\right), & k > 1, \Delta x_{it_k} < \frac{c_3 - c_1 - c_2}{c_1 + c_2 + c_3} \end{cases} \quad (5)$$

由定义1,定义2得到各被评价对象在某时段内带有激励作用的整体评价价值,设 $x_{it_{ab}}$ 为被评价对象 o_i 在时段 k_a 到 k_b 的评价值,则

$$x_{it_{ab}} = \frac{1}{b-a} \sum_{k=a}^b \gamma(t_k) \eta_{it_k} x_{it_k}, \quad (6)$$

其中 $\gamma(t_k)$ 为表示各时间点权重的函数,可根据往期数据或评价者偏好设定.

2.2 应用算例

设某企业中,需要对8名员工($i = 1, 2, \dots, 8$)近5个月($k = 1, 2, \dots, 5$)的绩效进行考核,表1是经过类型一致化及无量纲化等预处理后的绩效考核表(绩效考核获取本身应是多指标的综合评价问题,本算例运用

表1 员工绩效考核表
Table 1 Staff performance evaluation form

i	$k=1$	$k=2$	$k=3$	$k=4$	$k=5$
1	0.736	0.270	0.809	0.439	0.588
2	0.395	0.197	0.755	0.834	0.155
3	0.683	0.822	0.377	0.769	0.200
4	0.704	0.430	0.216	0.167	0.407
5	0.442	0.888	0.790	0.862	0.749
6	0.020	0.391	0.949	0.990	0.826
7	0.331	0.770	0.328	0.514	0.790
8	0.424	0.397	0.671	0.884	0.319

加权平均算法对其化简略去了指标维). 问题: 如何对其表现进行带有激励作用的综合评价及排序?

面对表1中多被评价对象多时点的数据, 如果采用简单的算术平均或几何平均评价方法则忽略了主客观因素的影响, 因此以下采用基于全局信息的动态激励方法对员工表现进行带有激励作用的综合评价及排序. 根据表1及定义1、定义2、式(2)至式(5)对员工绩效考核情况进行“激励型分层”, 选取三种激励型分层方法为例: “严厉型分层”; “中庸型分层”; “宽厚型分层”, 设 $\mu_\alpha = \mu_\beta = 0.5$, 得到不同激励思想下员工的不同时点激励系数见表2.

表2 员工多期考核激励系数表
Table 2 Staff multi period incentive coefficient table

严厉型	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	中庸型	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	宽厚型	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5
i=1	1.000	0.617	1.004	0.708	0.969	i=1	1.000	1.000	1.004	1.000	1.000	i=1	1.200	1.000	1.799	1.020	1.313
i=2	0.907	0.670	1.000	0.960	0.528	i=2	1.000	0.999	1.000	1.017	0.940	i=2	1.000	0.999	1.780	1.432	0.940
i=3	1.000	0.981	0.663	1.000	0.567	i=3	1.000	1.011	1.000	1.000	1.000	i=3	1.164	1.464	1.000	1.626	1.000
i=4	1.000	0.733	0.671	0.714	0.912	i=4	1.000	1.000	1.000	0.984	1.000	i=4	1.178	1.015	1.000	1.066	1.280
i=5	0.927	1.046	0.871	0.972	0.866	i=5	1.000	1.046	1.000	1.032	1.000	i=5	1.022	1.768	1.293	1.450	1.254
i=6	0.780	0.906	1.081	1.031	0.860	i=6	0.918	1.000	1.081	1.105	1.013	i=6	0.918	1.386	1.933	1.538	1.283
i=7	0.882	1.000	0.644	0.952	1.000	i=7	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	i=7	1.000	1.670	1.000	1.297	1.543
i=8	0.920	0.806	1.000	1.044	0.610	i=8	1.000	1.000	1.000	1.044	1.000	i=8	1.012	1.094	1.459	1.567	1.000

根据表2及式(6), 设 $\gamma(t_k) = 0.2$, 得到表3中不同激励思想下员工带有激励作用的多期考核综合评价与排序, 其中未加激励型表示用简单算术加权评价方法得到的评价价值与排序.

表3 员工多期考核综合评价价值及排名表
Table 3 Staff multi period comprehensive evaluation and ranking table

严厉型	评价价值	排名	中庸型	评价价值	排名	宽厚型	评价价值	排名	未加激励型	评价价值	排名
i=1	0.519	4	i=1	0.569	4	i=1	0.765	4	i=1	0.568	4
i=2	0.425	7	i=2	0.468	7	i=2	0.655	7	i=2	0.467	7
i=3	0.524	3	i=3	0.572	3	i=3	0.765	5	i=3	0.570	3
i=4	0.331	8	i=4	0.384	8	i=4	0.436	8	i=4	0.385	8
i=5	0.703	1	i=5	0.760	1	i=5	1.046	1	i=5	0.746	1
i=6	0.625	2	i=6	0.673	2	i=6	0.995	2	i=6	0.635	2
i=7	0.510	5	i=7	0.546	5	i=7	0.766	3	i=7	0.546	5
i=8	0.500	6	i=8	0.547	6	i=8	0.710	6	i=8	0.539	6

分析以上各表得出以下几点结论:

1) 分析表2可以观察到同一被评价对象的同一时点激励系数随着激励思想从严厉、中庸到宽厚是逐渐增加的, 在严厉型分层中激励系数大多小于1, 中庸型分层中激励系数大多等于1, 宽厚型分层中激励系数大多大于1, 与直觉判断一致, 评价价值具有一定的可信性.

2) 分析表3排序情况, 可以观察到采用不同的分层方式, 员工($i = 1, 2, 4, 5, 6, 8$)在不同激励思想中排名均无变化, 说明排序具有一定的稳定性, 员工($i = 3, 7$)排序有一些变化, 体现出不同激励思想对最终结果具有一定的影响作用.

3) 分析表3中各激励思想下的评价价值, 可以观察到对同一员工采用严厉型分层方法的评价价值皆小于未加激励型评价方法, 而宽厚型分层方法皆大于未加激励型评价方法, 中庸型分层方法部分大于(小于)未加激励型评价方法, 且不同的员工在同一激励型分层方法下的评价价值与未加激励型评价价值差异不同, 即采用不同激励型分层方法将会导致各员工评价价值不同程度的变化.

4) 评价者在全局信息确定的情形下, 可根据以上方式模拟不同激励分层方法并选取符合组织期望的被评价对象评价价值与排序.

3 激励策略仿真

因随机模拟方法具有独立性, 可将其融合到基于全局信息的动态激励评价中进行大规模模拟实验, 这里评价者对 c_1, c_2 和 c_3 的不同赋值情况代表不同的激励策略. 在指定激励策略时, 评价者可从全局视角对各激励思想下的激励策略分析比较, 找出不同策略相对简单算数加权得到的排序结果变化程度大小(即策略仿

真). 随着系统的变化, 评价值在考虑激励策略调整时, 可运用随机模拟方法连续动态分析不同激励策略间的变动对排序结果的变化程度的影响(即策略变动仿真). 这里可用 Spearman's 等级相关系数表示排序结果的变化程度, 取值越靠近 1 说明排序结论发生改变程度越小, 反之越大.

3.1 策略仿真与分析

策略仿真算法基本步骤如下:

步骤 1 初始化被评价对象个数, $i \leftarrow i'$, 评价时点个数, $k \leftarrow k'$, 激励型分层比例分别为 $c_1 \leftarrow c_1'$, $c_2 \leftarrow c_2'$, $c_3 \leftarrow c_3'$, 随机模拟等级相关系数 $s \leftarrow 0$, s 表示随机模拟 sum(给定的仿真次数)次后, 激励策略对初始信息简单算术加权得到的排序结果的变化程度;

步骤 2 初始化外循环仿真次数, $\text{count} \leftarrow 0$;

步骤 3 随机产生指定行(i')列(k')原始信息采集矩阵, 计算原始信息简单算术加权后的排序情况, 并由式(1)计算变化矩阵, 由式(2)至式(5)模拟得到该激励策略下的激励系数矩阵及被评价对象带有激励作用的评价值, 并对同一时点的被评价对象进行排序;

步骤 4 用 Spearman's 等级相关系数 s' , $s \leftarrow s + s'$, $\text{count} \leftarrow \text{count} + 1$, 转至步骤 2;

步骤 5 若 $\text{count} = \text{sum}$, 则 $s \leftarrow s/\text{sum}$, 结束程序.

依据上述步骤, 设置总仿真次数 100 000 次, 以被评价时点固定为 5 而被评价对象数量变动及被评价对象个数固定为 5 而被评价时点变动两个情景为例, 得到不同激励策略的仿真结果见图 1, 图 2.

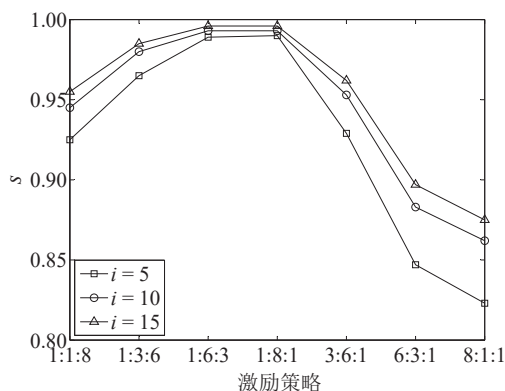


图 1 时间点固定, 激励策略仿真

Fig. 1 Time fixed, incentive strategy simulation

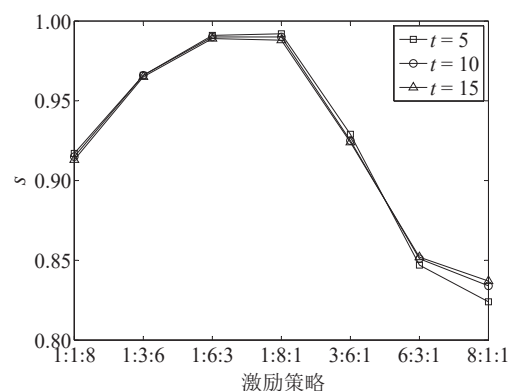


图 2 被评价对象数量固定, 激励策略仿真

Fig. 2 Evaluation objects fixed, incentive strategy simulation

由图 1, 图 2 可以分析出以下几点结论:

1) 无论采取何种激励策略, 在时间点固定的前提下, 随着被评价对象数量的增长对评价结论排序变化程度的影响是逐渐减小的. 在被评价对象数量固定的前提下, 时间点的变化对评价结论排序变化程度基本无较大影响;

2) 随着激励思想从严厉到中庸, 对评价结论排序变化程度的影响逐渐减少, 激励思想从中庸到宽厚, 对评价结论排序变化程度的影响逐渐增大;

3) 宽厚型分层方式较严厉型分层方式对初始排序结果的变动程度更大, 而中庸型分层方法对初始排序结果的变动程度影响较小;

4) 评价者关注内部冲突时可采取中庸或严厉型策略, 反之则采取宽厚型激励策略.

3.2 策略变动仿真与分析

策略变动仿真基本步骤如下:

步骤 1 初始化被评价对象个数 $i \leftarrow i'$, 评价时点个数 $k \leftarrow k'$, 激励型分层比例 $c_2 \leftarrow c_2'$;

步骤 2 初始化随机模拟等级相关系数矩阵 $S = [s_{ef}]_{1 \times (8-c_2)}$ 为零矩阵, s_{ef} 表示随机模拟 sum(sum 为给定的仿真次数)次后, 从激励策略 e 到激励策略 f 对评价结论发生变化的平均程度;

步骤3 初始化外循环仿真次数 $\text{count} \leftarrow 0$;

步骤4 随机产生指定行(i')列(k')原始信息采集矩阵, 并由式(1) 计算变化矩阵;

步骤5 由式(2)至式(5)模拟得到不通过激励策略下的激励系数矩阵及被评价对象带有激励作用的评价值;

步骤6 对同一时点的被评价对象进行排序, 并用 Spearman's 等级相关系数计算相邻时点评价结论发生变化的程度, 赋值到对应单次等级相关系数矩阵 $\mathbf{S} = [s'_{itk}]_{i' \times (k'-1)}$, 即 $\mathbf{S} \leftarrow \mathbf{S} + \mathbf{S}'$, $\text{count} \leftarrow \text{count} + 1$, 转至步骤 2;

步骤7 若 $\text{count} = \text{sum}$, 则 $\mathbf{S} \leftarrow \mathbf{S}/\text{sum}$, 结束程序.

依据上述步骤, 设置总仿真次数 100 000 次, 以被评价时点固定为 5 而被评价对象数量变动及被评价对象个数固定为 5 而被评价时点变动两个情景为例, 得到不同激励策略的仿真结果见图 3, 图 4. 图中横轴为优异层中 c_1 变动情况(从左至右分为 $c_2 = 1, 2, \dots, 7$ 七个区域), 纵轴为随机模拟 100 000 次后 Spearman's 等级相关系数的平均值.

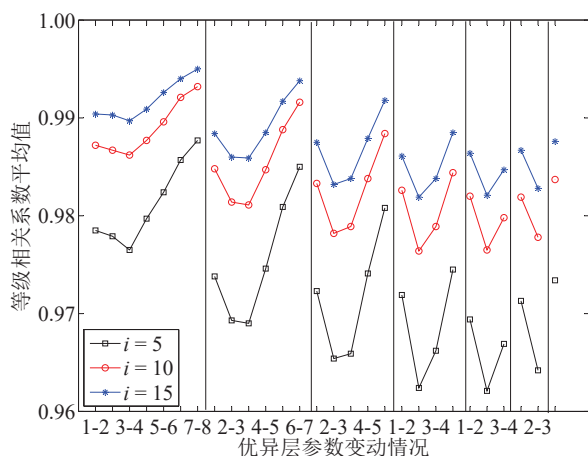


图3 时间点固定, 激励策略变动仿真

Fig. 3 Time fixed, incentive strategy vary simulation

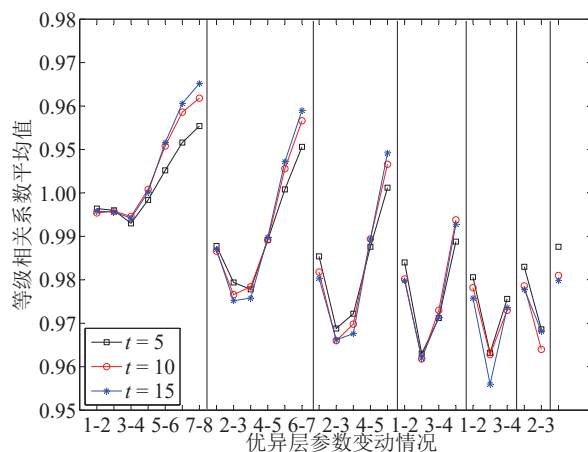


图4 被评价对象数量固定, 激励策略变动仿真

Fig. 4 Evaluation objects fixed, incentive strategy vary simulation

由图 3, 图 4 可以分析出以下几点结论:

1) 无论采取何种激励策略, 在时间点固定的前提下, 随着被评价对象数量的增长对评价结论排序变化程度的影响是相对逐渐减小的. 在被评价对象数量固定的前提下, 时间点的变化对评价结论排序变化程度基本无影响.

2) 在 $c_2 = 1$ 至 $c_2 = 5$ 五个区域内, 随着优异层逐渐增大, 拙劣层逐渐减少, 即奖励力度增大, 惩罚力度减少, 对评价结论排序变化程度的影响呈现先增大后减小的趋势, 因此评价者可根据对组织内部冲突的关注程度变化激励策略.

3) 各区域内, 当优异层中 c_1 由 2 至 3, 由 3 至 4 变动时, 对评价结论排序变化程度的影响较大.

4 结束语

本文针对动态综合评价问题, 从全局信息视角提出了带有激励作用的综合评价方法及激励策略模拟仿真, 该方法具有如下几个新颖的特点:

1) 通过反映评价者意图的“激励型分层”, 得到带有激励作用的综合评价与排序, 促使被评价对象意识到评价值的提高与在全局中是否符合系统整体发展需求有关.

2) “优异层”、“中庸层”和“拙劣层”比例可根据评价者经验或往期数据设定以表达评价者关于奖惩管理的心理预期,也可运用随机模拟方式根据评价者对最终排序变化程度的期望来设置.在全局信息尚未确定的前提下,评价者也可将激励思想与图1至图4相结合,以选取符合系统发展预期的激励分层方法.

3) 该方法原理简单清晰,有助于评价者实现“指哪儿打哪儿”的意图,便于被评价对象理解,从而对其实际行为起到切实的评价引导作用.

参考文献:

- [1] 杨国梁,刘文斌,郑海军.数据包络分析方法(DEA)综述.系统工程学报,2013,28(6): 840–860.
Yang G L, Liu W B, Zheng H J. Review of data envelopment analysis. Journal of Systems Engineering, 2013, 28(6): 840–860. (in Chinese)
- [2] 刘佳鹏,廖貅武,杨娜.基于模糊偏好关系的多准则群决策分类方法.系统工程学报,2014,29(1): 8–20.
Liu J P, Liao X W, Yang N. Multiple criteria sorting method based on fuzzy preference relations in group decision contexts. Journal of Systems Engineering, 2014, 29(1): 8–20. (in Chinese)
- [3] Xu X Z. A note on the subjective and objective integrated approach to determine attribute weights. European Journal of Operational Research, 2004, 156(2): 530–532.
- [4] 李永立,吴冲.基于图模型和最优化的评价方法.系统工程学报,2013,28(3): 403–409.
Li Y L, Wu C. Inventing an evaluation method based on graph model and optimization. Journal of Systems Engineering, 2013, 28(3): 403–409. (in Chinese)
- [5] Xu Z H. A note on linguistic hybrid arithmetic averaging operator in group decision making with linguistic information. Group Decision and Negotiation, 2006, 15(6): 581–591.
- [6] Fan Z P, Liu Y. A method for group decision-making based on multi-granularity uncertain linguistic information. Expert Systems with Applications, 2010, 37(5): 4000–4008.
- [7] Xu Z H. Group decision making based on multiple types of linguistic preference relations. Information Sciences, 2008, 178(2): 452–467.
- [8] 易平涛,郭亚军,张丹宁.基于双激励控制线的多阶段信息集结方法.预测,2007,26(3): 39–43.
Yi P T, Guo Y J, Zhang D N. A multi-phase information aggregation method based on double inspiring control lines. Forecasting, 2007, 26(3): 39–43. (in Chinese)
- [9] 张发明.基于双重动态模型的动态综合评价方法及应用.系统工程学报,2013,28(2): 248–255.
Zhang F M. Dynamic comprehensive valuation method based on double incentives model and its application. Journal of Systems Engineering, 2013, 28(2): 248–255. (in Chinese)
- [10] 易平涛,郭亚军,张丹宁.基于泛激励控制线的多阶段信息集结方法.运筹与管理,2010,19(1): 49–55.
Yi P T, Guo Y J, Zhang D N. A multi-phase information aggregation method based on double extensive inspiring control lines. Operation Research and Management Science, 2010, 19(1): 49–55. (in Chinese)
- [11] 易平涛,郭亚军.权重非独裁性条件下基于竞争视野优化的多属性决策方法.控制与决策,2007,22(11): 1259–1268.
Yi P T, Guo Y J. Multi-attribute decision-making method based on competitive view optimization under condition of weights non-dictatorship. Control and Decision, 2007, 22(11): 1259–1268. (in Chinese)
- [12] 易平涛,张丹宁,郭亚军.主观自主式评价的序优化模型及赋权策略仿真.运筹与管理,2008,17(3): 38–45.
Yi P T, Zhang D N, Guo Y J. An order optimization model of subjective self-determination evaluation method and weighting strategy simulation. Operation Research and Management Science, 2008, 17(3): 38–45. (in Chinese)
- [13] 李伟伟,易平涛,郭亚军.几种信息集结算子的灵敏度分析.系统管理学报,2013,22(4): 494–497.
Li W W, Yi P T, Guo Y J. Sensitivity analysis of some information aggregation operators. Journal of Systems Management, 2013, 22(4): 494–497. (in Chinese)

作者简介:

郭亚军(1952—),男,辽宁开原人,博士,教授,博士生导师,研究方向:综合评价理论与方法等,Email: yjguo@mail.neu.edu.cn;
周莹(1990—),女,辽宁鞍山人,博士生,研究方向:信息融合及系统评价,技术经济,Email: zhou6437719@163.com;
易平涛(1981—),男,湖南永州人,博士,副教授,博士生导师,研究方向:信息融合及系统评价等,Email: ptyi@mail.neu.edu.cn;
李伟伟(1986—),女,山东烟台人,博士,研究方向:综合评价理论与方法等,Email: liweiwei198558@163.com.