

Applying statistical methods in competence evaluation

Dmitry A. Kopytine, group 613, MIPT

Supervisor of studies: prof. Alexander V. Bernstein

Moscow, June 2012

Introduction

- **Competence**—ability to apply knowledge and skills “in the real life”.
- «**Competence profile**» is a business requirement.
As a result, it is a requirement of colleges and universities.
- **Professiogram**—a set of competences with specified levels, required for successful work in a profession.
- There is a request for competence advance and evaluation.

Introduction

Competence evaluation in big companies and assessment centers:

- evaluation from your chief;
- evaluation from HR manager;
- evaluation from colleagues (“360 degrees”);
- business games.

Usually, 3 to 15 competences are evaluated.

Introduction

Competences in the Russian universities:

- Evaluation task: **200+ competences**.
- **Competence** evaluation (by our definition) is possible only in the real life or in simulation.
- Procedure—Meta-games (simulator of reality).
- **Meta-game** = offline role playing game sessions (~ 4 hours) + online services.
- Participators — students of the top Russian universities: MEPhI, MGIMO-University, MSU, Higher School of Economics etc.

Introduction

Evaluation of competences in Meta-games:

- The software is required for such big scales of evaluation (2 weeks of game—up to 10000 marks).
- <http://devyourself.ru/> helps to automate evaluation.
- Results of evaluation:
 - 1) competence profiles of students
 - 2) professiogram match values
- Based on the obtained data, the process of evaluation can be improved as well as new problems, which could not be solved earlier, can now be solved.

Problems

The problems solved in the research:

1. Evaluation of students groups, comparing groups.
2. Simplification of a competence set used for evaluation.
3. Understanding a students group structure.

Not only a onetime research, but an instrument for analysts.

Source data

Data is taken from Meta-games

One Meta-game is:

- 60–120 students,
- 300–400 precedents,
- 4000–7000 marks,
- 100–150 evaluated competences.

Solution

Modules for devyourself.ru are developed.

Architecture:

- Web interface (HTML, available from browser),
- MySQL—data storage,
- PHP—programming language,
- XSLT—templating system,
- Wolfram Mathematica—for some calculation tasks.

And now—more details about each problem...

1. Evaluation of groups

Problem 1. Evaluation of students groups, comparing groups.

1. Evaluation of groups

Approach 1. Averaging the results of competence evaluation by users.

- Find the mean result in each group.
- We need confidence interval; the distribution is considered as normal (Jarque-Bera fit test is used).
- Compare the number of students in the TOP N of the best ones.

Results:

- **Advantage**—the most detailed information.
- **Disadvantage**—the results cannot be visually embraced.

Радиационная безопасность человека и окружающей среды (расчет среднего — по 12 лучшим)

Компетенция	Участников с ненулевыми результатами (среди всех групп, т. е. из 47 человек)	Количество студентов среди 12 лучших по компетенции		Количество студентов с уровнем развития компетенции не менее 2 (способность)		0 склонность способность компетенция 3			
		Группа А7	Группа Ф7	Группа А7	Группа Ф7	0	1	2	3
1176. Знание биологического действия ионизирующих излучений на человека и другие живые объекты, генетических и соматических последствий облучения, проблемы малых доз и медицинских аспектов поражения большими дозами	(14)	8	4	3	0				A7: 0,9 ± 0,4 Ф7: 0,5 ± 0,3
1177. Знание свойств и характеристик ионизирующих излучений	(14)	8	4	3	0				A7: 0,9 ± 0,4 Ф7: 0,5 ± 0,3
1178. Знание математических методов описания полей ионизирующих излучений в средах	(3)	0	3	0	0				A7: 0,0 ± 0,0 Ф7: 0,3 ± 0,2
1179. Знание инженерных методов расчета защит от различных видов ионизирующего излучения	(3)	3	0	2	0				A7: 0,4 ± 0,4 Ф7: 0,0 ± 0,0
1180. Знание теоретических основ дозиметрии и микродозиметрии, основных понятий дозиметрии, требований к инструментальным методам дозиметрии	(5)	5	0	5	0				A7: 0,8 ± 0,5 Ф7: 0,0 ± 0,0
1181. Знание основных типов дозиметров, радиометров, спектрометров и иной аппаратуры, применяемой в радиационной физике, экологии и биологии	(5)	5	0	5	0				A7: 0,8 ± 0,5 Ф7: 0,0 ± 0,0
1182. Знание природы естественного и техногенно-измененного радиационного фона и его составляющих	(14)	8	4	3	0				A7: 0,9 ± 0,4 Ф7: 0,5 ± 0,3
1183. Знание закономерностей миграции радионуклидов в природных средах, путей и закономерностей поступления радионуклидов в живой организм и закономерностей их аккумуляции	(12)	8	4	3	0				A7: 0,9 ± 0,4 Ф7: 0,3 ± 0,3
1184. Знание принципов оценки риска, методов управления риском	(18)	8	4	9	6				A7: 1,6 ± 0,4 Ф7: 1,2 ± 0,5
1185. Знание принципов нормирования предельного облучения и предельно-допустимого содержания и поступления радионуклидов в организм	(12)	8	4	3	0				A7: 0,9 ± 0,4 Ф7: 0,3 ± 0,3
1186. Знание последствий облучения на молекулярном, клеточном и организменном уровнях, стохастических и детерминированных последствий облучения	(14)	8	4	3	0				A7: 0,9 ± 0,4 Ф7: 0,5 ± 0,3
1187. Владение методами расчета характеристик полей излучений любого вида по заданным параметрам источника	(4)	0	4	0	0				A7: 0,0 ± 0,0 Ф7: 0,3 ± 0,3
1188. Владение инженерными методами расчета биологической защиты источников ионизирующих излучений				0	0				A7: 0,0 ± 0,0 Ф7: 0,0 ± 0,0
1189. Умение планировать эксперименты по изучению закономерностей формирования радиационных полей	(1)	1	0	0	0				A7: 0,1 ± 0,2 Ф7: 0,0 ± 0,0
1190. Владение современными методами обработки данных эксперимента, умение оценивать погрешности расчетов и экспериментов	(22)	6	6	2	5				A7: 1,2 ± 0,2 Ф7: 1,3 ± 0,4
1191. Умение прогнозировать аварийные ситуации и их последствия для персонала, населения и окружающей среды	(12)	8	4	3	0				A7: 0,9 ± 0,4 Ф7: 0,3 ± 0,3

1. Evaluation of groups



Approach 2. Averaging the results of profession program match.

- Find the mean match to each profession program.
- Compare the number of “professionals” in groups (match level $>$ const).
- Compare the number of students in the TOP N of the best ones.

Results:

- **Advantage**—can be visually embraced.
- **Disadvantage**—profession programs are required.

Соответствие групп студентов профиессиограммам

Легенда	
	— сильное преобладание одной группы над другой
	— слабое преобладание

ID	Профиессиограмма	Количество студентов среди 12 лучших по профиессиограмме или специализации		Количество студентов с соответствием профиессиограмме или специализации более 40%		% соответствия профиессиограмме по средним баллам	
		Группа А7	Группа Ф7	Группа А7	Группа Ф7	Группа А7	Группа Ф7
126	Архитектор систем автоматизации	5	7	0	1	11%	11%
128	Инженер конструктор электроники и автоматики	3	9	0	1	5%	10%
152	Инженер по безопасности я-э установок	6	6	2	1	21%	20%
138	Инженер по научным разработкам в области р.б.	8	4	3	0	12%	6%
129	Инженер по эксплуатации э. и а.ф.у.	6	6	0	2	11%	13%
124	Инженер разработчик технических систем	4	8	0	5	19%	24%
135	Инженер-конструктор в области р.б.	7	5	3	0	15%	8%
127	Инженер-технолог	4	8	6	11	30%	35%
133	Инженер-технолог в области р.б.	7	5	3	0	12%	4%
140	Менеджер - аналитик	3	9	9	10	37%	41%
139	Менеджер - управленец	4	8	9	12	33%	38%
141	Менеджер по персоналу	3	9	7	13	31%	40%
131	Прикладной программист	3	9	0	0	6%	11%
132	Программист аппаратной части	4	8	0	3	4%	11%
125	Программист систем автоматизации	4	8	1	4	15%	15%
121	Разработчик прикладных систем автоматизации	3	9	0	5	16%	21%
130	Разработчик программных комплексов	5	7	0	0	3%	8%
156	Разработчик систем безопасности я-э установок	4	8	0	0	16%	15%
123	Разработчик теории систем автоматизации	3	9	2	9	29%	33%
158	«Росатом»	4	8	7	12	32%	37%

1. Evaluation of groups

Approach 3. Clustering competences.

- Each competence is considered as a vector of competence levels of different students.
- Divide competences into clusters (using k-means, agglomerative clustering).
- Calculate average result in each cluster.

Results:

- **Advantage 1**—can be visually embraced.
- **Advantage 2**—does not require profессиograms.

Кластер	Компетенции	МИФИ - А7	МИФИ - Ф7
1	(989) Способность написать рабочий программный код (991) Способность разобраться в программном обеспечении и работать на нем (как пользователь) (1007) Способность предложить инструмент для решения задачи (1044) Способность инвестировать свое время в развитие других сотрудников (y)	0,43	0,8
2	(1040) Способность к ведению переговоров (1053) Способность к аргументированной защите своей позиции (p)	1,03	1,34
3	(1022) Способность оперировать знаниями о природе радионуклидов и излучений и их взаимодействии с живыми организмами (1023) Способность оперировать знаниями о природе излучения и его воздействиях (1347) Способность оперировать знаниями по безопасности и контролю в области ядерных материалов	0,58	0,28
4	(974) Способность получать информацию из различных внешних источников (не эксперимент) (976) Способность к оптимизации (978) Способность к обобщению, анализу, систематизации, видению взаимосвязей (979) Способность к анализу и прогнозированию (981) Способность к стратегическому планированию (983) Способность к тактическому планированию (984) Способность делать обоснованные выводы (1024) Способность организовать процесс труда (1030) Способность к оценке наличных ресурсов и управлению ими (1042) Способность к созданию альянсов, коалиций и организация партнерского взаимодействия (y) (1050) Способность проявлять настойчивость, не отступаться (p) (1057) Способность оперировать знаниями в области экономики	1,3	1,58
5	(1009) Способность работать с математическими моделями	0,53	0,79
6	(1029) Способность к финансовому управлению	1	0,74
7	(980) Способность ставить конкретные задачи, предлагать и выбирать пути решения в условиях неопределенности (1025) Способность организовать работу коллектива (взаимодействие людей) и управлять им (1031) Способность добиваться результатов (1036) Способность к управлению временем (p) (1037) Способность к эффективной коммуникации (1041) Способность ставить цель и доносить ее до команды (y) (1049) Способность ставить амбициозные цели, рисковать (p)	1,29	1,54
8	(982) Способность обрабатывать экспериментальные данные (1004) Способность разбираться в новой технике и управлении ею (1006) Способность работать с измерительными приборами и монтажным инструментом (y) (1350) Способность работать с микропроцессорными системами	0,93	0,76
9	(1032) Способность к управлению рисками	0,89	0,74

2. Simplification of a competence set

Problem 2. Simplification of a competence set used for evaluation.

2. Simplification of a competence set

Searching for:

1. **Dependency type 1—synonym:**

- “Ability to achieve results”.
- “Ability to finish tasks”.

2. **Dependency type 2—category:**

- “Efficient distribution of resources in a project”.
- “Able to develop options for management decisions and justify their choice based on the criteria of socio-economic efficiency”.

2. Simplification of a competence set

Approach 1. Principal components method.

- Works on small sets of competences (up to 15).

Approach 2. Clustering competences.

The quality of clustering is evaluated by experts.

- Usually the clusters which are approved by experts consist of **2** competences.
- **Disadvantage**—we need to go over many clusters to achieve a good result.

2. Simplification of a competence set

Approach 3. Searching for synonyms and categories.

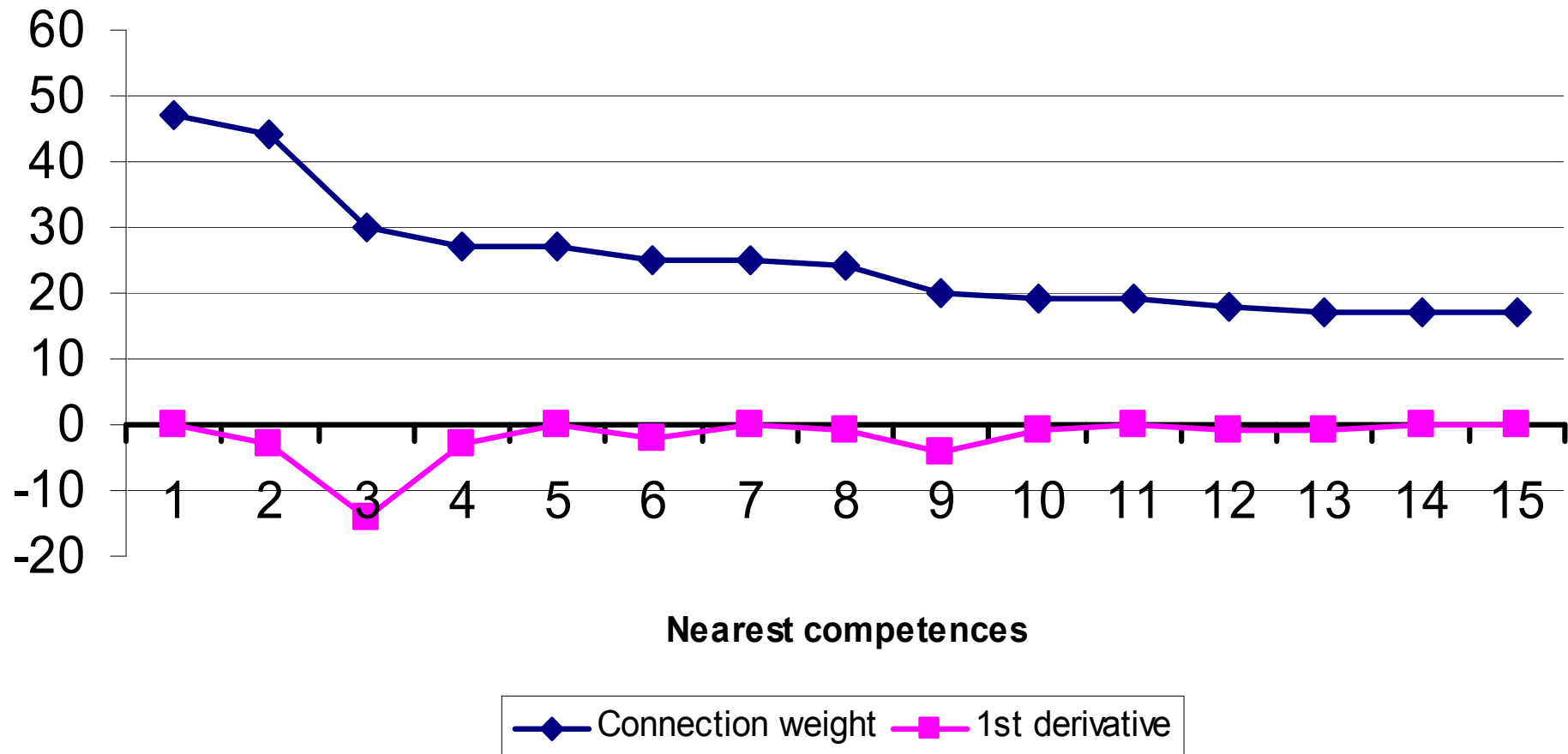
Synonyms:

- For each competence search for 10 nearest competences (angular distance function).
- For competence A take the nearest competence B.
- If A is in the list of 10 nearest to B—they are synonyms.

2. Simplification of a competence set

Approach 3 (continued)

Categories (see description on the next slide):



2. Simplification of a competence set

Approach 3 (continued)

Categories:

- For each competences order others by connection weight.
- Search for the 1st peak of the 1st derivative.
- It should be higher than other peaks.
- If it is true, the competences before the peak are categories.

2. Simplification of a competence set

Approach 3 (continued)

Results. Evidence from the competence set used in MEPhI (116 evaluated competences):

- 25 pairs (“categories”) were found (8 more than in the 2nd approach).
- 3 synonyms were found (they were not found by the 2nd approach).
- For each found pair experts declined 3 pairs (noise level is 3 : 1).
- **Advantage**—noise is reduced (3 times compared to approach 2).
- **In addition**, some unobvious pairs for unification are found.

3. Students group structure

Problem 3. Understanding a students group structure.

3. Students group structure

Proposed approach. Clustering students.

- Each student is considered as a vector of his results.
- The same clustering algorithms: k-means (works better), agglomerative clustering.
- We need to subtract the mean level over all clusters (for professionogram or competence) to find out the specificity of each cluster.

3. Students group structure

Proposed approach (continued).

Results:

1. **Result 1**—understanding the structure of the group under consideration.
2. **Result 2**—detection of the “lost” programmiograms.

Results

Results:

- The solutions for three actual problems originated from competence evaluation task are proposed.
- The solutions are tested on the data sets from Meta-games.
- Software which can be used to conduct the same experiments with the same or new data sets is developed.

Questions

Your questions

Author's email: dmitry.kopytine@gmail.com