Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1988, XLI, № 5, 63—66.

УДК: 550.34.01

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Р. О. АМАСЯН

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАСШТАБА СЕЙСМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

Целью моделирования является изучение свойств оригинала с помощью исследования подобного ему в механическом смысле прототипа. Поэтому естественно, что наибольшую информацию о данном объекте можем получить при испытании самого оригинала. Однако, как известно, такого рода испытания, доведение оригинала до разрушения, экономически не выгодны, а в большинстве случаев просто не мыслимы. Собственно говоря, поэтому существует теория подобия, чтобы такие испытания проводились на моделях. Однако моделирование можно осуществить лишь с той или иной точностью. Причем, чем меньше масштаб моделирования, тем больше вероятность допущения ошибок. Отсюда возникает задача—какой масштаб принимать при моделировании, чтобы экономически было выгодно и вместе с этим модель была в достаточной мере информативной.

Такого рода задачи возникают в начальной стадии исследования и носят чисто предварительный характер, поскольку выбор масштаба связан также с рядом других факторов, какими являются лабораторная база, измерительная техника и т. п. [1, 2, 3].

Для решения этой задачи применим следующий метод. Представим, что оригинал непрерывно уменьшается. В начале этого процесса мы имеем наибольшую информацию об оригинале, но с экономической точки зрения мы имеем максимум потерь. С уменьшением линейного множителя подобия—α информационные потери увеличиваются, а экономические потери уменьшаются.

Исходя из изложенного, введем следующие понятия:

$Э=f(\alpha)$— функцию экономической потери,

$U=\varphi(\alpha)$— функцию информационной потери.

После того, как для конкретного объекта мы найдем вид функций $f(\alpha)$ и $\varphi(\alpha)$, задачу оптимального моделирования можно привести к минимизации произведения этих функций:

$$П=ЭU=f(\alpha)\varphi(\alpha)=min \tag{1}$$

Здесь через П обозначены общие потери при моделировании.

Дальнейшее решение задачи сводится к решению экстремальной задачи:

$$\frac{\partial f(\alpha)}{\partial\alpha}\varphi(\alpha)+\frac{\partial\varphi(\alpha)}{\partial\alpha}f(\alpha)=0$$

Производя разделение переменных и интегрируя, получим:

$$\frac{\dfrac{\partial f(\alpha)}{\partial(\alpha)}}{f(\alpha)}=-\frac{\dfrac{\partial\varphi(\alpha)}{\partial\alpha}}{\varphi(\alpha)}$$

Отсюда

$$\ln f(\alpha)=-\ln\varphi(\alpha)+c.$$

Графическая интерпретация полученного равенства приводится на рис. 1.

Если имеются ограничения для множителя линейных размеров α, исходя из конструктивных или технологических соображений (скажем, размеры модели не должны превышать размеров столика сейсмической платформы), то задача сводится к динамическому программированию и решается обычными методами.

Выясним структуру функций $f(\alpha)$ и $\varphi(\alpha)$. Условимся принять наибольшую информацию и наибольшую экономическую выгоду за 1. С увеличением множителя α экономические потери возрастают, т. е. $f(\alpha)$ возрастающая функция. При $\alpha=1$, $f(\alpha)$ принимает значение 1, а при $\alpha=0$—значение 0.

Для информативной функции потерь $\varphi(\alpha)$, можем сделать соответствующие выводы с возрастанием α, $\varphi(\alpha)$ убывает, т. е. $\varphi(\alpha)$ убывающая функция. При $\alpha=1$, $\varphi(\alpha)$ принимает значение 0, при $\alpha=0$, значение 1.

Понятно, что в начале непрерывного уменьшения оригинала $f(\alpha)$ уменьшается достаточно медленно, а при значениях множителя подобия α, близких к нулю, экономические потери резко уменьшаются. Информационная функция потерь ведет себя аналогично: в начале непрерывного уменьшения имеем достаточную информацию о мнимой модели, а чем ближе α стремится к нулю, мы резко теряем информацию, и функция информативной потери принимает значение, близкое к единице. Из сказанного можно заключить, что экономическая функция потерь—выпуклая функция, а информативная функция потерь—вогнутая. Для общего случая приближенный вид графика можно представить следующим образом (рис. 2).

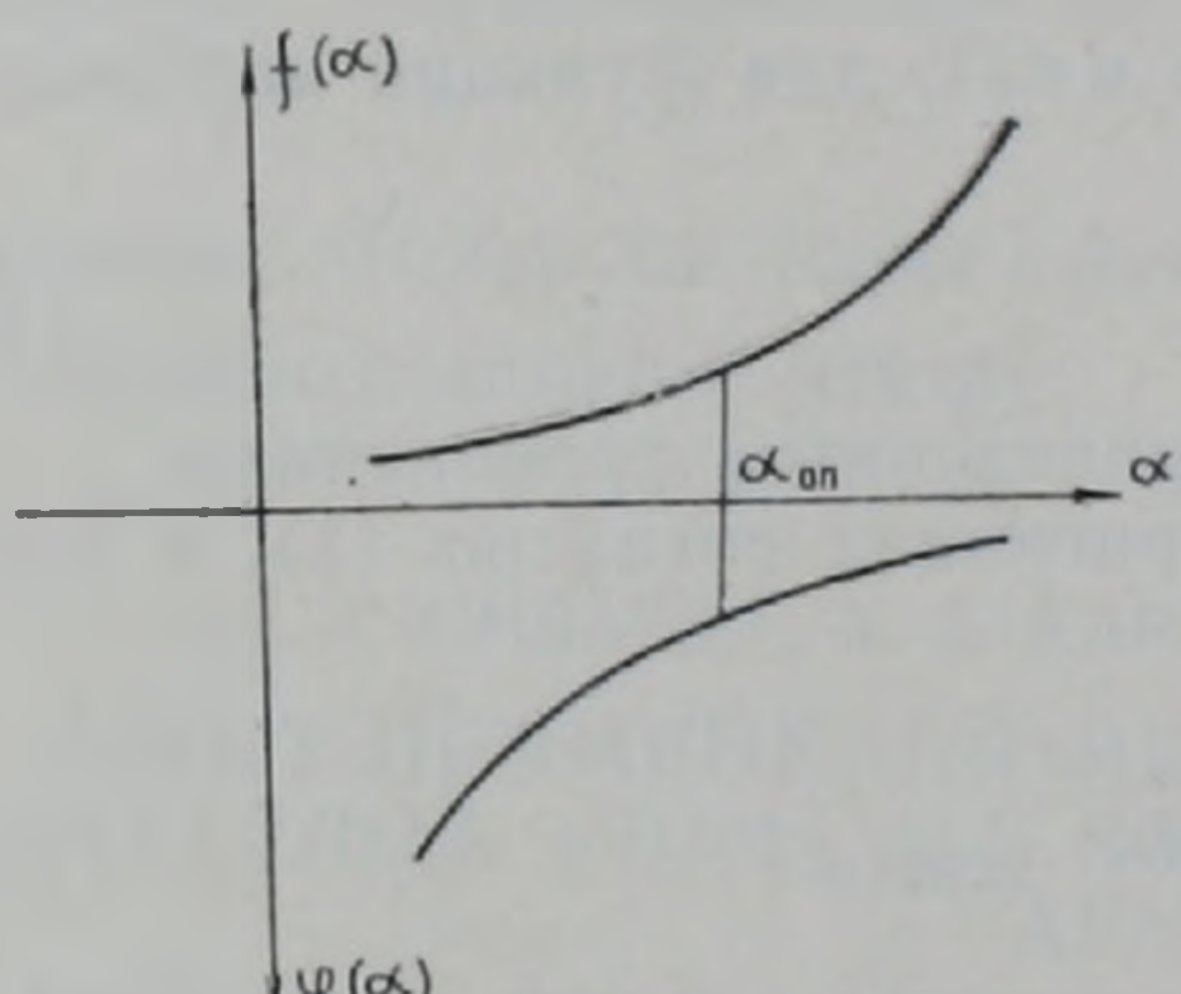

Рис. 1. Схема определения оптимального масштаба моделирования.

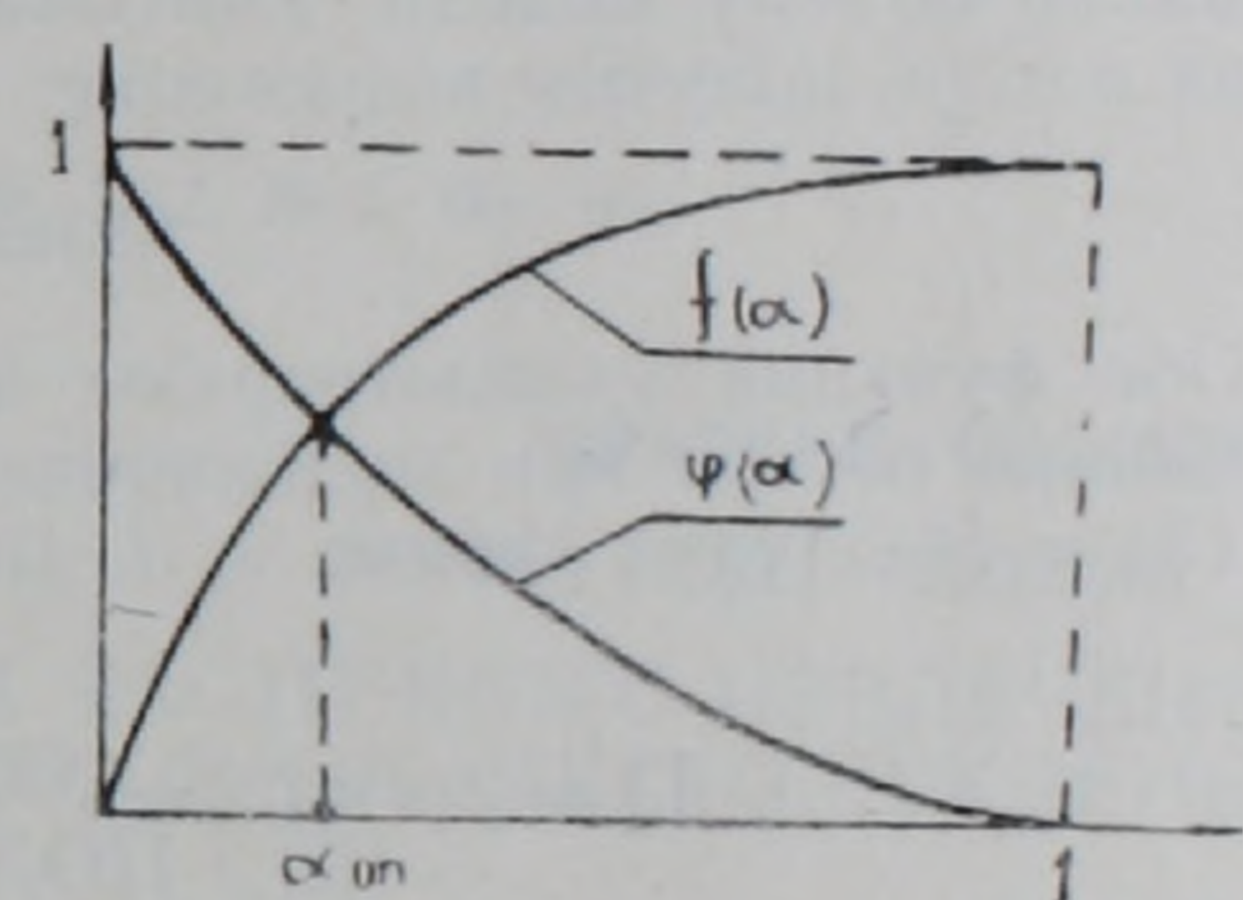

Рис. 2. Графики функций потерь информативности—$\varphi(\alpha)$ и экономичности—$f(\alpha)$.

В зависимости от поставленной задачи и принятого метода исследования масштаб модели может изменяться в очень широком диапазоне. Однако, при исследовании сложного объекта не представляется возможным полностью повторить его конструкцию при изготовлении модели в любом масштабе, так как уменьшение размеров отдельных элементов конструкций от некоторого номинала может привести к качественному изменению всего сооружения. Поэтому в общем случае функция $\varphi(\alpha)$ в действительности разрывная функция с конечным числом разрывов. Уменьшая размеры оригинала до некоторой величины, материал оригинала удовлетворяет нашим требованиям, дальнейшее уменьшение масштаба моделирования приводит к необходимости замены материала. Так, с уменьшением масштаба возникает необходимость моделировать крупность компонентов заполнителя и таким образом перейти, скажем, от бетона к раствору, т. е. изменить структуру материала. Дальнейшее уменьшение масштаба модели приводит к замене раствора материалами на базе низкомодульных полимеров и т. д. Поэтому при получении функции потери информативности необходимо построить график того участка, который обеспечивает непрерывность данной функции, при данном способе моделирования.

Согласно работе [4] среднеквадратическое отклонение ошибок модели зависит от масштаба моделирования следующим образом:

$$\Delta = \alpha^{m/2},$$

где m—число, значение которого должно лежать между 1 и 3 по следующим соображениям. Если все части системы, определяющие данное свойство, построены из линейно соединенных элементов, то число этих элементов будет пропорционально α в первой степени, и поэтому в таком случае $m=1$. Если же играют роль части системы с элементами, расположенными по плоскости, то их число будет, очевидно, пропорционально α^2 и соответственно $m=2$. Наконец, если мы имеем части системы, где элементы, определяющие интересующее нас свойство, расположены в некотором объеме, то число их будет пропорционально α^3 и $m=3$.

Учитывая изложенное и то обстоятельство, что функции (α) при моделировании зависят также от геометрических размеров оригинала, мы, в качестве функции потерь информативности принимали выражение

$$\varphi(\alpha) = (1-\alpha)^{\sqrt[m]{l}}, \tag{3}$$

где l—наибольший линейный размер оригинала.

Здесь α охватывает весь диапазон масштаба моделирования, $0<\alpha<1$.

Что касается экономических потерь, то они изменяются пропорционально объему модели. Учитывая, что $\alpha<1$, для функции экономических потерь получим выражение:

$$f(\alpha)=\alpha^{1/3}, \tag{4}$$

Обе функции удовлетворяют вышеприведенным требованиям.

Общие потери при моделировании оригинала согласно (1), с учетом (3) и (4) будут равны:

$$\Pi = f(\alpha)\varphi(\alpha)=\alpha^{1/3}(1-\alpha)^{\sqrt[m]{l}}=min \tag{5}$$

Дифференцируя равенство (5) и приравнивая к нулю, получим выражение для определения оптимального значения линейного множителя подобия α:

$$(1-\alpha)^{l^{1/m}-1}\alpha^{1/3-1}\left[\frac{1}{3}(1-\alpha)-\alpha l^{1/m}\right]=0,$$

поскольку в интервале (0.1)

$$(1-\alpha)^{l^{1/m}-1}\neq 0 \qquad \alpha^{1/3-1}=0,$$

то получим

$$\frac{1}{3}(1-\alpha)-\alpha l^{1/m}=0.$$

Отсюда

$$\alpha=\frac{1}{3\sqrt[m]{l}} \tag{6}$$

В таблице 1 приведены значения линейного множителя подобия α при разных значениях m и l, подсчитанные по формуле (6). Как видно из этой таблицы, масштаб пространственных моделей гораздо выше, чем плоских моделей. Масштаб моделирования менее чувствителен к геометрическим размерам моделируемого объекта.

Таблица 1

Значение линейного масштаба моделирования α при разных значениях m, l

m \ l	30	60	90	120	150	180
1	0,01	0,005	0,004	0,003	0,002	0,001
2	0,057	0,041	0,034	0,029	0,026	0,024
3	0,096	0,078	0,069	0,063	0,059	0,056

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР

Поступила 2.X.1987.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Амасян Р. О.* Об одном методе выбора оптимального масштаба модели строительных конструкций с учетом внешних воздействий. В кн.: VIII сессия НИИ Закавказских республик по строительству. Тбилиси, 1973, с. 28—32.
2. *Амасян Р. О.* Статистическое подобие при моделировании строительных конструкций на сейсмическое воздействие. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1986, с. 150.
3. *Назаров А. Г.* О механическом подобии твердых деформируемых тел. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1965, с. 220.
4. *Покровский Г. И., Федоров И. С.* Центробежное моделирование в строительном деле. Изд. литратуры по строительству. М., 1968, съ 246.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1988, XLI, № 5, 66—69

УДК:553.411:550.84:543 (479.25)

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Л. С. СМБАТЯН, А. А. КАРАГУЛЯН, А. М. ТЕРЯН, Н. Д. МАРУХЯН

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ЧАСТИЧНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ (ЧИМ) НА ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ АРМЯНСКОЙ ССР

Обычно работать методом частичного извлечения металлов (ЧИМ) в условиях с высокими удельными электрическими сопротивлениями почвенного слоя, превышающими 1000 *ом.м*, не рекомендуется. В таких условиях невозможно выйти на режим, нормальный для извлечения золота. Наблюдения авторов показали, что в условиях с высокими ρ_k можно также вести извлечение золота в режиме, заниженном в 2 раза. Такое положение важно не только для условий Армении, но и других засушливых регионов СССР, так как ρ_k почвенного слоя для большинства регионов посезонно колеблется в широком диапазоне, резко возрастая к середине лета.

В настоящее время ЧИМ применяется при поисках глубокозалегающих рудных тел. В основе метода лежат процессы электрохимического растворения горных пород и руд, перенос под действием электрического тока растворенных компонентов, накопления и определения элементов в точках наблюдения. От внешнего источника тока длительное время через заземленные электроды, оборудованные для накопления химических элементов, через горные породы пропускается электрический ток. Наложение электрического поля на среду вызывает движение ионов в поровой влаге: катионы к катоду, анионы к аноду [1].

Принудительное селективное извлечение и накопление электроподвижных форм элементов из гипергенного ореола, обуславливающего разную концентрацию элементов над рудами и в удалении от них, поз-