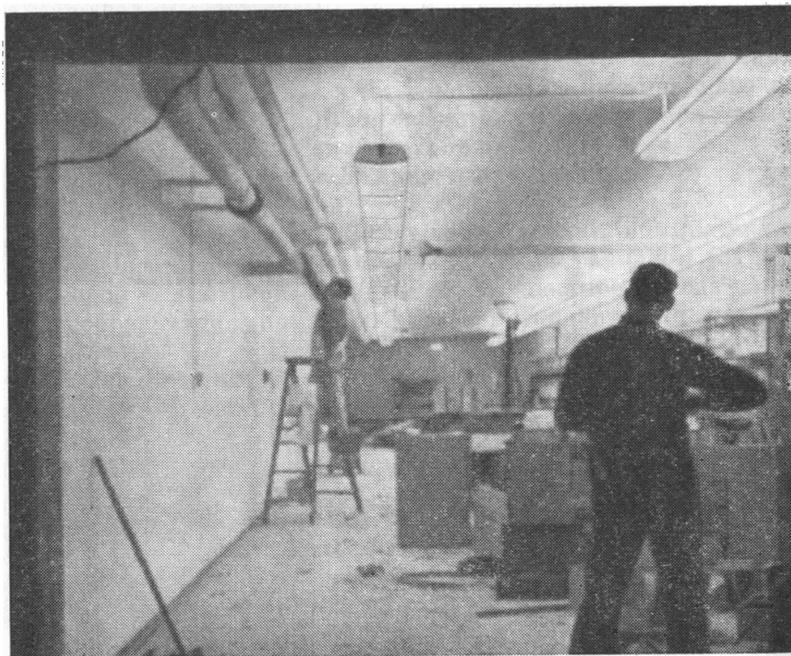


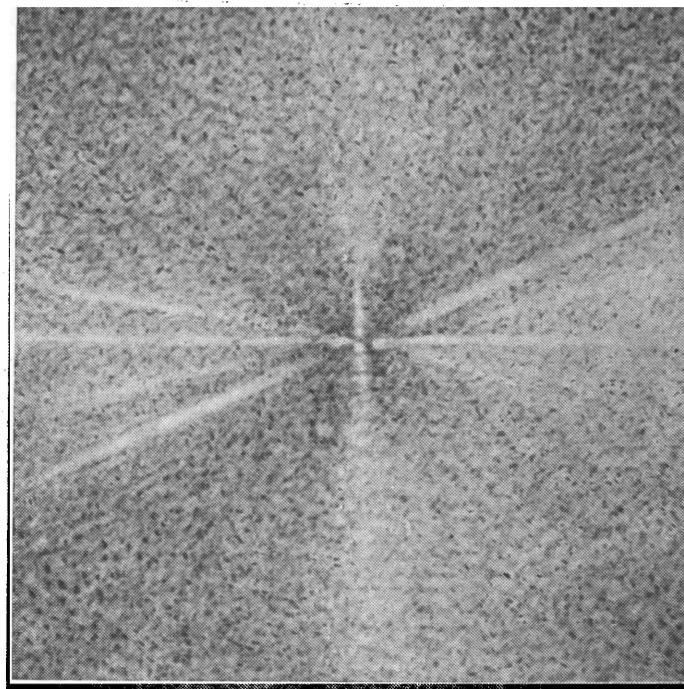
7.21. Примеры обработки изображений

В данном разделе приведены два примера использования двумерной обработки сигналов. Первый пример является стандартным; он иллюстрирует, как влияет на изображение фильтрация с подавлением верхних и нижних частот. Второй пример иллюстрирует применение нелинейной обработки для улучшения качества изображения.

На фиг. 7.29—7.31 приведены исходная фотография и результаты ее обработки фильтрами нижних и верхних частот (фотографии были любезно предоставлены проф. Леоном Хармоном и Аланом Стрельцовым из университета Case Western Reserve). Фильтр нижних частот был рассчитан методом частотной выборки с использованием частотного преобразования и имел импульсную характеристику размером (128×128) , причем нормированные значения обеих частот среза были близки к 0,04. Фильтр верхних частот был дополняющим по отношению к фильтру нижних частот. Фотографии были представлены сеткой из 384×384 четырехраз-



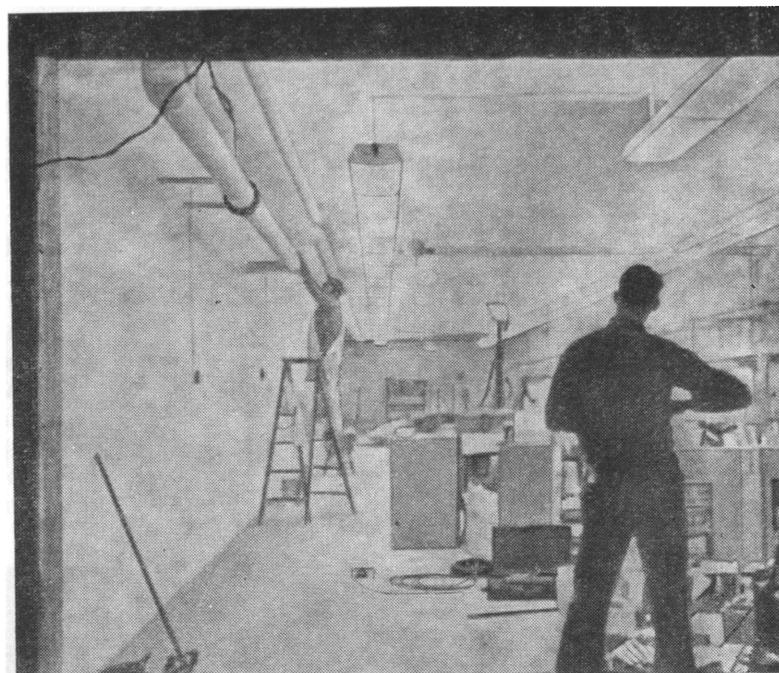
Фиг. 7.32. Исходная фотография.



Фиг. 7.33. Спектр логарифма от преобразования изображения, приведенного на фиг. 7.32, после его обработки отбеливающим фильтром.

рядных отсчетов. После обработки фильтром нижних частот изображение (фиг. 7.30) сохраняет большую часть информации, содержащейся в исходной фотографии, однако в нем отсутствуют контрастные детали в тех местах, где яркость исходной фотографии резко изменяется. Наоборот, после обработки фильтром верхних частот (фиг. 7.31) изображение сохраняет контрастные детали, но информация, соответствующая участкам постоянной яркости, в нем отсутствует.

Из последующих фотографий видно, насколько можно улучшить изображение с помощью нелинейной обработки (фотографии были любезно предоставлены проф. Томасом Стокхэмом из Университета штата Юта). На фиг. 7.32 приведена исходная фотография мужчины, работающего в помещении. На фиг. 7.33 представлен спектральный состав логарифма преобразования Фурье той же фотографии после обработки ее отбеливающим фильтром. Хорошо заметны высокочастотные составляющие логарифма преобразования Фурье. На фиг. 7.34 показаны результаты обработки фотогра-



Фиг. 7.34. Улучшенное изображение, полученное в результате нелинейной обработки фотографии фиг. 7.32.

фии с помощью мультипликативной системы, служащей для устранения теней и повышения освещенности изображения. Качество изображения значительно повысилось. Мультипликативная система, использовавшаяся при обработке, является гомоморфной. Системы такого типа будут рассмотрены в гл. 12 в разделе, посвященном нелинейной обработке речи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Treitel S., Shanks J. L., Frasier C. W., Some Aspects of Fan Filtering, *Geophysics*, 32, No. 5, 789—800 (Oct. 1967).
2. Shanks J. L., Two Planar Digital Filtering Algorithms, *Proc. 5th Ann. Princeton Conf. on Information Sciences and Systems*, 48—53 (March 1971).
3. Shanks J. L., Treitel S., Justice J. H., Stability and Synthesis of Two-Dimensional Recursive Filters, *IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics*, AU-20, No. 2, 115—128 (June, 1972).
4. Huang T. S., Stability of Two-Dimensional Recursive Filters, *IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics*, AU-20, No. 2, 158—163 (June 1972).

5. Andrews H., Tescher A., Kruger R., Image Processing by Digital Computer, *IEEE Spectrum*, 9, No. 7, 20—32 (July 1972).
6. Hu J. V., Rabiner L. R., Design Techniques for Two-Dimensional Digital Filters, *IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics*, AU-20, No. 4, 249—257 (Oct. 1972).
7. Huang T. S., Two-Dimensional Windows, *IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics*, AU-20, No. 1, 88—89 (March 1972).
8. Anderson B. D., Jury E. I., Stability Test for Two-Dimensional Recursive Filters, *IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics*, AU-21, No. 4, 366—372 (Aug. 1973).
9. McClellan J. H., Parks T. W., Equiripple Approximation of Fan Filters, *Geophysics*, 37, No. 4, 573—583 (Aug. 1972).
10. McClellan J. H., On the Design of One-Dimensional and Two-Dimensional FIR Digital Filters, Ph. D. Thesis, Rice Institute, Houston, Texas, April 1973.
11. Oppenheim A. V., Schafer R. W., Stockham T. G., Nonlinear Filtering of Multiplied and Convoled Signals, *Proc. IEEE*, Vol. 56, 1264—1291 (Aug. 1968); есть русский перевод: Оппенгейм, Шефер, Стокхэм мл., Нелинейная фильтрация сигналов, представленных в виде произведения и свертки, *ТИИЭР*, т. 56, № 8, стр. 5—46 (1968).